



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN CIENCIA ANIMAL



TESIS

**ESTIMACIÓN DE HEREDABILIDAD Y CORRELACIÓN GENÉTICA PARA
DENSIDAD DE FIBRA Y CONDUCTOS PILOSOS EN ALPACAS DEL
CENTRO DE DESARROLLO ALPAQUERO TOCCRA CEDAT – DESCO
DEL DEPARTAMENTO DE AREQUIPA**

**PRESENTADA POR:
VERONICA FLORES ALCA**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:
MAESTRO EN CIENCIA ANIMAL
MENCIÓN PRODUCCIÓN ANIMAL**

PUNO, PERÚ

2021



DEDICATORIA

A Dios por ser mi guía, porque con él todo es posible.

A mis adorables padres Calixto y Luisa seres extraordinarios y bondadosos por su constante lucha y perseverancia jamás dejaron de alentarme en cada proyecto emprendido, cuya fortaleza hace que cada que valga la pena vivir, cumpliendo cada objetivo propuesto en honor a su sacrificio y amor incondicional.

A mi princesa Nicole por ser la fuerza que me impulse e inspira a seguir creciendo, enseñándome a cómo harcele frente a la vida, gracias por ser la luz de mi vida te amo.

Con amor a mis hermanas Gaby, milagros, Adelaida y Julissa por su apoyo incondicional, su amor infinito sin duda la mejor bendición de dios, gracias infinitas.



AGRADECIMIENTOS

- Dar gracias al Proyecto “construcción de novedosos equipos para estudio de fibras, lanas, pelos y piel de animales”, liderado por la Universidad Autónoma de Chota mediante Contrato N° 026-2016-INIA-PNIA-PNIA/UPMSI/IE, por brindarnos las facilidades financieras y técnicas. También se agradece al CEDAT-DESCOSUR y la Dra. Emma Quina, por permitirnos gentilmente utilizar datos de genealogía y de producción.
- Agradecimiento al Dr. Edgar Carlos QUISPE PEÑA por su colaboración durante la ejecución del trabajo.
- Al Dr. Ali William CANAZA CAYO por su asesoramiento en la ejecución del presente trabajo de investigación, un reconocimiento por su labor como investigador.



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE ANEXOS	viii
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 Marco teórico	3
1.1.1 Mejoramiento genético	3
1.1.2 Genotipo	6
1.1.3 Fenotipo	6
1.1.4 Heredabilidad	7
1.1.5 Correlación genética	9
1.1.6 Factores ambientales modificantes	10
1.1.7 Camélidos sudamericanos	13
1.1.8 Distribución geográfica de la alpaca	14
1.1.9 Clasificación taxonómica de la alpaca	15
1.1.10 Ecotipo Huacaya	16
1.1.11 Ecotipo Suri	17
1.1.12 Fibra de alpaca	17
1.1.13 Características de la fibra de alpaca	18
1.1.14 Densidad de fibra	20
1.1.15 Densidad de Conductos pilosos	22
1.1.16 Fiber Den	22
1.2 Antecedentes	24



1.2.1	Densidad de fibra y conductos pilosos	24
1.2.2	Heredabilidad y correlación genética para Densidad de fibra	26

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1	Identificación del problema	28
2.2	Enunciados del problema	29
2.2.1	Problema general	29
2.2.2	Problemas específicos	29
2.3	Justificación	30
2.4	Objetivos	31
2.4.1	Objetivo general	31
2.4.2	Objetivos específicos	31
2.5	Hipótesis	31
2.5.1	Hipótesis general	31
2.5.2	Hipótesis específicas	31

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1	Lugar de estudio	32
3.2	Población	32
3.3	Muestra	33
3.3.1	Equipo	36
3.3.2	El Fiber - Den	37
3.3.3	Materiales de escritorio	37
3.4	Método de investigación	38
3.4.1	Estimación de los componentes de varianza	38
3.4.2	Estimación de parámetros genéticos	39
3.4.2.1	Heredabilidad	39
3.5	Descripción detallada de métodos por objetivos específicos	40
3.5.1	Del análisis de los factores fijos	40
3.5.2	Análisis de varianza	40



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	Parámetros genéticos	41
4.2	Análisis de los factores	43
4.2.1	Densidad de fibra (DenFib)	44
4.2.2	Densidad de conductos pilosos (DenCon)	47
4.2.3	Relación Fibras Conductos (Fib/Con)	48
	CONCLUSIONES	49
	RECOMENDACIONES	50
	BIBLIOGRAFÍA	51
	ANEXOS	61

Puno, 28 de abril del 2021

ÁREA: Producción animal.

TEMA: Heredabilidad para densidad de fibra en alpacas.

LÍNEA: Genética de Alpacas.



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
1. Cantidad de alpacas existentes según raza, tipo de vellón, color y sexo - CEDAT; a junio del 2018	32
2. Heredabilidad (h^2) y correlación genética (r_g) para densidad de fibra, densidad de conductos pilosos y relación N° de fibras/ N° de conductos pilosos, en alpacas del CEDAT-DESCO- Caylloma, Arequipa	41
3. Significancia de la edad y el sexo en la densidad de fibra, densidad de conducto y relación fibra/ conducto según factores de edad y sexo	43
4. Densidad de conducto, densidad de fibra y relación fibra/conducto según edad y sexo de alpacas procedentes del CEDAT Arequipa	44
5. Número de animales según edad y sexo	62
6. Datos obtenidos en la cuantificación de DenFib, DenCon, Fib/Con	62
7. Análisis de la varianza para densidad de fibras	70
8. Análisis de la varianza para densidad de conductos pilosos	70
9. Análisis de la varianza para relación densidad de fibras/conductos	70



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Esquema del Fiber Den	23
2. Mesa instalada con el equipo de medición Fiber Den y demás materiales listos para el trabajo de evaluación de características de superficie del animal	33
3. Rasurado de piel con navaja	34
4. Calibrado de 3 x 3 mm para la captura de imagen	35
5. a) Captura de imágenes con el mini microscopio del costillar medio de una alpaca b) Imágenes guardadas en la computadora luego de la captura, en la sección de galería.	35
6. a) Imágenes de 0.64 mm ² de piel de alpaca, donde se observa fibras y pelos emergentes, logradas utilizando el Fiber Den. a: Obsérvese muchas fibras que salen de un solo conducto b. la salida de un pelo solitario, b) Interfaz del Fiber Den. Obsérvese la imagen evaluada y los resultados como datos y gráfico.	36
7. Medias de Densidad de fibras según factores edad y sexo	71
8. Medias de Densidad de conductos pilosos según factores edad	71
9. Medias de la relación fibras/conductos según factores edad y sexo	71



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
1. Registros datos	62
2. Análisis de la varianza para los caracteres evaluados	70
3. Panel fotográfico	72



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

DenFib	: Densidad de fibra
nc	: No se encontró convergencia
DenCon	: Densidad de conductos
Fib/con	: Relación N° de fibra/conductos pilosos
ns	: No significativo
DL	: Diente de Leche
2D	: Dos dientes
4D	: Cuatro dientes
BL	: Boca llena
FAO	: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

RESUMEN

El presente estudio se realizó en el Centro de Desarrollo Alpaquero Toccra CEDAT-DESCO, del Departamento de Arequipa. Los objetivos fueron *i)* estimar la heredabilidad, correlación genética para densidad de fibras y densidad de conductos pilosos, *ii)* cuantificar la densidad de fibras (DenFib), densidad de conductos pilosos (DenCon) y relación fibras/conductos (Fib/Con) evaluando los efectos de la edad y sexo. Se utilizó 344 alpacas de diferente sexo y edad, con registro genealógico. Para la cuantificación de los caracteres en estudio (DenFib, DenCon y Fib/Con) se utilizó el densímetro de fibras Fiber Den, se trabajó a nivel de la región costillar medio del animal en un área de 1mm^2 los componentes de varianza fueron estimados mediante un modelo animal que incluye efectos fijos de sexo y edad, las estimaciones de los componentes de variancia fueron estimadas usando el método de Máxima Verosimilitud Restringida (REML) usando el programa AsReml. Para el análisis de varianza de los factores fijos los datos fueron analizados en un diseño completamente al azar con un arreglo factorial 4×2 , utilizando el software SAS versión 9.4. Las heredabilidades \pm error estándar (EE) para DenFib, DenCon y Fib/Con fueron de 0.48 ± 0.04 , 0.53 ± 0.04 y 0.20 ± 0.03 respectivamente, encontrándose una correlación genética de 0.87 ± 0.06 entre DenFib y DenCon. Los promedios \pm error estándar (EE) para DenFib, DenCon y Fib/Con fueron de 24.75 ± 0.30 fibras $/\text{mm}^2$, 7.83 ± 0.12 conductos pilosos $/\text{mm}^2$ y 3.25 ± 0.03 fibras por conducto piloso, encontrándose afectados por la edad, pero no por el sexo. Se concluye que las heredabilidades estimadas de esta población, son moderadas y altas, estos resultados indican que estas variables podrían utilizarse como un criterio de selección en un programa de mejoramiento genético, sin embargo, el uso de estas estimaciones debe tomarse con mucho criterio y cautela.

Palabras claves: Correlación genética, densidad de fibra, fiber-den, heredabilidad

ABSTRACT

The present study was carried out at the Alpaquero Tocra CEDAT - DESCO Development Center, in the Department of Arequipa. The objectives were i) to estimate heritability, genetic correlation for fiber density and density of hair ducts, ii) quantify the density of fibers (DenFib), density of hair ducts (DenCon) and fiber / duct ratio (Fib / Con) evaluating the effects of age and sex. 344 alpacas of different sex and age were used, with genealogical records. For the quantification of the characters under study (DenFib, DenCon and Fib / Con) the FIBER-DEN equipment was used, it was worked at the level of the mid- rib region of the animal in an area of 1mm². The variance components were estimated using an animal model that includes fixed effects of sex and age, the estimates of the variance components were estimated using the Restricted Maximum Likelihood (REML) method, with the Wombat software. For the analysis of variance of the fixed factors, the data were analyzed in a completely randomized design with a 4x2 factorial arrangement, using SAS software version 9.4. The heritability \pm standard error (SE) for DenFib, DenCon and Fib / Con were 0.48 ± 0.04 , 0.53 ± 0.04 and 0.20 ± 0.03 , respectively, finding a genetic correlation between DenFib and DenCon of 0.87 ± 0.06 . The means \pm standard error (SE) for DenFib, DenCon and Fib / Con were 24.75 ± 0.30 fibers / mm², 7.83 ± 0.12 hair ducts / mm² and 3.25 ± 0.03 fibers per hair duct, being affected by age, but not by the sex. It is concluded that the estimated heritabilities of this population are moderate and high. These results indicate that these variables could be used as a selection criterion in a genetic improvement program, however, the use of these estimates should be considered with great judgment and caution.

Key words: Genetic correlation, fiber density, fiber-den, heritability

INTRODUCCIÓN

La cría de alpacas es una de las labores principales que lleva a cabo el poblador alto andino en un hábitat por encima de los 4,000m de altitud (Quispe *et al.*, 2009). El primer lugar en producción de alpacas con una población total de 3,592,482 cabezas a nivel mundial es el Perú (INEI, 2012). La utilización racional de esta ventaja productiva y el uso de la mejora genética de los camélidos es un desafío que tiene el país como el medio más efectivo de combate contra la pobreza y la inseguridad alimentaria, que afecta a numerosas comunidades que viven de la crianza y explotación de estas especies ganaderas (Quispe *et al.*, 2013). El 91 % de las alpacas del país son producidas en un sistema tradicional, caracterizado por un bajo nivel tecnológico, que conlleva a obtener bajos ingresos económicos y una disminución de la calidad genética de los animales (Agramonte y Leyva, 1991). La industria textil valora a la fibra de alpaca como una fibra particular y las prendas que se confeccionan con ellas, están clasificadas como artículos de magnificencia. El desarrollo del nivel de vida del productor alpaquero, se supeditará de los mayores ingresos económicos obtenidos en un incremento del peso vivo y de vellón, así como del avance de la calidad, cuyo principal factor determinante es la finura. Sin embargo, el progreso genético actual de la alpaca en los rebaños familiares contempla solamente su expresión fenotípica evaluado en forma subjetiva y sin una buena definición de estrategias de mejora (Kosgey y Okeyo, 2007). Entre tanto en otros centros de producción basados en proyectos o planes de mejoramiento genético, contemplan que se debiera mejorar la cantidad y la calidad del vellón en las alpacas (León y Guerrero, 2001; Quispe, 2010), aceptándose como criterios de selección principalmente el peso de vellón y el diámetro promedio de fibra. El progreso simultáneo del peso de vellón y el diámetro de fibra, tiene el problema que ambos caracteres están asociados directamente y por tanto tienen correlación positiva (Wuliji *et al.*, 2000; Paredes *et al.*, 2011; Wuliji, 2017), por lo que al disminuir el diámetro de fibra, también se disminuye el peso de vellón, lo cual no resulta conveniente. Por eso, se han buscado otras características complementarias que permitan realizar la mejora simultánea del peso de vellón y el diámetro, habiéndose planteado la densidad folicular, aunque ésta tiene el inconveniente de ser costoso, lleva mucho tiempo, necesita personal capacitado y además es invasivo, y por tanto no resulta práctico.

Quispe *et al.* (2018), encuentra que la densidad de fibras y densidad de conductos pilosos tienen una correlación fenotípica positiva con el peso de vellón, pero negativa con el

diámetro de fibra, presentando dos características tanto densidad de fibra y densidad de conductos pilosos como un nuevo criterio que debiera contemplarse en los programas de mejoramiento genético para la mejora simultánea del peso de vellón y finura de la fibra. Desde el punto de vista de los resultados la selección por densidad de fibra sería la única ganancia en la mejora lográndose al mismo menor diámetro de fibra, pero mayor número de fibras. Adicionalmente (Quispe y Quispe, 2019) proponen un novedoso procedimiento para determinar en forma sencilla y rápida la densidad de fibras y conductos en alpacas y llamas, al que denominan Fiber Den.

De otro lado, para que un carácter sea considerado como criterio de selección, resulta conveniente la determinación de sus parámetros genéticos, que sirven como importantes herramientas para la obtención de las respuestas directas y correlacionadas de la selección, elaboración de índices de selección y predicción de los valores genéticos de los animales (Bourdon, 2000; De Lira *et al.*, 2008). Con esa base, se posibilita identificar aquellos animales sobresalientes o con mérito genético mayor, capaces de producir eficientemente y de transmitir su potencial a su descendencia, con respecto al carácter a considerar. La heredabilidad y las correlaciones genéticas constituyen los parámetros genéticos más importantes en el mejoramiento genético animal, existiendo estimaciones con respecto al diámetro medio de la fibra y sus variaciones, peso de vellón, longitud de mecha, factor de confort, medulación entre otros (Cervantes *et al.*, 2010; Paredes *et al.*, 2011; Wuliji, 2017). Sin embargo, es limitada la información respecto a la densidad de fibra y densidad de conductos pilosos. Debido a ésta situación y frente a la problemática que existe en el campo del mejoramiento genético de considerar estas variables como nuevos criterios de selección a fin de mejorar la calidad y cantidad de vellones de alpacas, se realizó la presente investigación que pretende sentar las bases para la selección en torno a estas nuevas características, teniendo como objetivos los siguientes: i) estimación de la heredabilidad y la correlación genética para densidad de fibra, densidad de conductos pilosos y relación fibras/conductos ii) cuantificar la densidad de fibras, densidad de conductos pilosos y relación fibras/conductos según edad, sexo.

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 Marco teórico

1.1.1 Mejoramiento genético

El mejoramiento genético es uno de los pilares vitales de las explotaciones ganaderas, el objetivo es modificar la frecuencia deseable de genes en una población (OSSA *et al.*, 2008). Utilizando principios biológicos, económicos y matemáticos, con el fin de hallar estrategias óptimas para emplear la variación genética existente en una especie de animales para maximizar su mérito (Montaldo y Barría, 1998).

Lo que incluye tanto la variación genética entre los individuos de una raza, como la variación entre razas y cruzas, comprende procesos de evaluación genética y difusión del material genético seleccionado, en el cuales se pueden emplear tecnologías reproductivas artificiales tal como la inseminación artificial, la transferencia de embriones y la fertilización *in vitro*, tal como el uso de marcadores de ADN (Cardellino y Rovira, 1987).

El mejoramiento genético consiste en la aplicación de principios tanto biológicos, económicos y matemáticos, con la finalidad de encontrar estrategias óptimas para aprovechar la variación genética que existe en una especie de animales en particular para maximizar el mérito de dicho animal. Lo cual involucraría tanto las variaciones genéticas entre los individuos de una misma raza, así como la variación entre diferentes razas y cruzas de estas razas.

La estructura genética de una población está determinada por sus parámetros, y puede ser modificada a través de la selección o de los sistemas de apareamientos, con el fin de producir su mejoramiento genético (Montaldo y Barría, 1998).

La genética animal es uno de los pilares para el desarrollo de la ganadería (junto con la sanidad y la nutrición animal y cuestiones de producción como los alojamientos). Es un campo amplio, que abarca desde la caracterización hasta la conservación y la mejora genética e implica acciones a nivel local, nacional, regional y mundial (Cardellino y Rovira, 1987).

La mejora genética (selección animal) se basa en el principio según el cual los productos (leche, carne, lana, etc.) proporcionados por los animales dependen de los genes y de las influencias ambientales a las que están expuestos. La mejora puede ser alcanzada mediante la selección de los animales genéticamente superiores para que éstos sean los progenitores de la siguiente generación. Genéticamente superior significa superior en relación con un conjunto concreto de características, entre las cuales normalmente se incluye la productividad en las condiciones ambientales esperadas en el futuro, pero también se deben considerar parámetros tales como la fertilidad, la resistencia a enfermedades o la longevidad, que están relacionados con los costes de producción (Cardellino y Rovira, 1987).

Desde mediados del siglo XX, los esfuerzos realizados en materia de mejora genética se han concentrado en un número muy reducido de razas a escala mundial, sin que por lo general se haya tenido debidamente en cuenta la manera en que los entornos de producción locales afectan a la capacidad de los animales para sobrevivir, producir y reproducirse (Montaldo y Barría, 1998).

Las dos herramientas primordiales del MGA son la selección (determinar cuáles individuos van a dejar descendencia) y los sistemas de apareamiento (determinar cómo los individuos seleccionados serán apareados). La herramienta que más ha impactado el mejoramiento animal en el mundo es el control de producción. En efecto, la medición objetiva de la producción de los animales sirve para hacer evaluaciones de los mismos para la selección, evaluar las razas y cruzas, estimar los parámetros requeridos para los programas, medir aspectos económicos y optimizar el proceso (Cardellino y Rovira, 1987).

Diferencial de selección el valor del diferencial mide la intensidad de la selección que se practica la cual depende en último término de la proporción de los animales seleccionados. Su valor estará dado por la decisión del criador, la variabilidad presente en la característica y la capacidad reproductiva del rebaño. Índice de herencia de nada sirve que los animales seleccionados fueran muy superiores al promedio si esta diferencia no se transmitiera a la siguiente generación. El coeficiente se define como la proporción que existe entre la varianza genética hereaditiva y la varianza fenotípica total. Por este motivo, la magnitud del índice de herencia no es un valor fijo ya que dependerá de las condiciones ambientales de los rebaños y de las características genéticas de los mismos. intervalo entre generaciones: Es la edad promedio de los padres cuando su descendencia ha nacido cabe destacar que un acortamiento excesivo del IEG, puede determinar una disminución exagerada del DS.

La aplicación de técnicas de mejoramiento permite producir más con menos cantidad de animales, racionalizando el uso de los recursos disponibles. Permite obtener animales vigorosos y precoces, mejora la eficiencia alimenticia, incrementa la fertilidad. Permite pasar de una raza a otra sin la compra y venta de animales (menores gastos operativos) y aumenta la variabilidad genética

El papel de la mejora genética animal en la sociedad pasa desapercibido. A pesar de su contribución al bienestar de la sociedad. Sabiendo que más de un 40 % del aumento del rendimiento de la ganadería es debido a la mejora genética.

Es sabido que el mejoramiento genético es lento, pero es seguro. Es lento, porque hay que esperar que se manifieste en la progenie de los animales seleccionados. Es seguro, porque esa progenie tiene una mayor cantidad de genes favorables que el promedio de la generación de sus padres. El cambio genético suele ser imperceptible en el corto plazo porque los efectos ambientales sobre la producción pueden ser importantes escondiendo los pequeños cambios genéticos logrados (Montaldo y Barría, 1998).

El propósito de un programa de mejoramiento genético de una raza de carne es conocer y promover los mejores animales basados en registros de comportamiento y evaluación de sus progenitores. A través de las evaluaciones genéticas se

generan los EPDs, que son una excelente herramienta que permite a los productores tomar decisiones de selección en base a información objetiva.

A partir de esta información objetiva, la selección de los reproductores a utilizar como padres pasa a ser una de las más importantes decisiones de manejo que tiene el productor, permitiéndole seleccionar aquellos animales acordes a sus propios objetivos, su medio ambiente, su sistema de producción, e ir logrando avances genéticos que son acumulativos dentro del rodeo.

1.1.2 Genotipo

El Genotipo, es como un mapa de las características genéticas de un individuo (Genes recesivos y dominantes), es la información o carga genética (almacenada en el ADN) que se posee un organismo y es transmitido de una generación a otra.

El genotipo de un animal representa el gen o grupo de genes responsable por un rasgo en particular. En un sentido más general, el genotipo describe todo el grupo de genes que un individuo ha heredado, es decir: Genotipo = Transmisión (Cardellino y Rovira, 1987).

1.1.3 Fenotipo

El Fenotipo, es un mapa de características físicas del individuo que consiste en el conjunto de rasgos morfológicos de un ser vivo, del mismo modo que todas aquellas tangibles, resaltantes y observables, los mismos que se expresan a partir del genotipo, Características físicas, bioquímicas y del comportamiento que se pueden observar. Algunos rasgos del fenotipo de una persona son la estatura, el color de los ojos, el color del pelo, el tipo de sangre, el comportamiento y determinadas enfermedades. El fenotipo depende de los genes de la persona y de algunos factores del medio ambiente, como la alimentación, el ejercicio y el tabaquismo. Características físicas, bioquímicas y del comportamiento que se pueden observar. Algunos rasgos del fenotipo de un animal son la estatura, el color de los ojos, el color del pelo, el tipo de sangre, el comportamiento y determinadas enfermedades.

Fenotipo simplemente se refiere a un rasgo observable significa observar y tiene la misma raíz que la palabra fenómeno. Y como tal es un algo observable en un

organismo, y puede referirse a cualquier cosa, desde un rasgo común, como la estatura o el color del cabello, a la presencia o ausencia de una enfermedad. Con frecuencia, los fenotipos están relacionados y son usados el término es usado para relacionar una diferencia en la secuencia de ADN entre los individuos con diferencia en un rasgo, ya sea la altura o el color del pelo, o la enfermedad, o lo que sea. Pero es importante recordar que los fenotipos son igualmente, o incluso a veces mayormente, influenciados por los factores ambientales que por los efectos genéticos. Así que un fenotipo puede estar directamente relacionado con un genotipo, pero no necesariamente. Por lo general no hay una correlación uno a uno entre un genotipo y un fenotipo. Casi siempre hay factores ambientales.

Se define así la primera base de la herencia en genética cuantitativa, es decir:

Fenotipo = genotipo + ambiente (Gutiérrez, 2010 y Caballero, 2017)

$$P = G + E$$

Los pasos secuenciales en el diseño de este programa de mejoramiento genético de alpacas son:

Definición de los objetivos del mejoramiento genético

- Elección de los criterios de selección
- Organización de los sistemas nacionales de servicios de registros de producción
- Interpretación y uso de la información y de los animales seleccionados

1.1.4 Heredabilidad

La heredabilidad (h^2) de un carácter es la proporción de la variancia fenotípica debida a la variancia genética aditiva del carácter a evaluar (Gutiérrez, 2008). De igual forma equivalente a la regresión del valor mejorante sobre el fenotipo y es el parámetro genético más importante en mejora genética. En sentido estricto (h^2) la heredabilidad es la fracción de la variabilidad fenotípica que es de origen genético aditivo (Falconer y Makay, 1996; Caballero, 2017).

Así mismo se observa que solo parte aditiva se hereda en manera directa, existen valores comunes de heredabilidad en función del tipo de carácter alta mayores a 0.40, moderada de 0.15 a 0.40 y baja menores a 0.15 (Falconer y Mackay, 1996).

La heredabilidad es una herramienta fundamental en la ganadería que se utiliza para saber si es factible seleccionar artificialmente ciertos caracteres. En estos ámbitos, la heredabilidad se calcula utilizando diferentes métodos. Un ejemplo es utilizando cepas endogámicas (con genotipos muy homocigóticos) y estudiando cómo afectan las condiciones ambientales.

En los estudios de gemelos se suelen tomar datos tanto de gemelos monocigóticos (gemelos idénticos, con exactamente el mismo material genético) como de gemelos dicigóticos (mellizos), para evaluar qué proporción de la variación de un carácter está influida por la genética del individuo. Una vez obtenidos los datos, se estudia la correlación en la variación del carácter de interés y, de ahí se obtiene la heredabilidad

Desde el punto de vista de su aplicación al mejoramiento animal, la heredabilidad se define como la superioridad de los padres que es transmitida a la progenie.

Es así que la heredabilidad actúa como un filtro de una generación a otra permitiendo que la superioridad fenotípica u observada de los padres se transmita en forma parcial a la progenie. Por ejemplo, si los progenitores estaban 200 g por encima del promedio del grupo del cual fueron seleccionados, en la ganancia diaria y $h=0,40$ podemos esperar que sus hijos están $(0,40) (200) =80$ g por encima del promedio de la generación parental en la ganancia diaria de peso (Falconer y Makay, 1996; Caballero, 2017).

Como la heredabilidad es un cociente (VA/VP) su valor puede variar alternando tanto el numerador como el denominador. Al disminuir la varianza ambiental (VE) ya sea por un mejor control de las condiciones del medio o por los métodos biométricos, como se verá más adelante, se logrará que las diferencias observadas en dicha característica sean más heredables. Se obtienen valores mayores de heredabilidad en poblaciones de animales originados de sistemas de apareamientos que aumenten la variación genética, es decir que lleven las frecuencias de muchos de los genes que influyen la característica a valores

intermedios, de alrededor de 0,5, a frecuencias génicas intermedias la variancia genética aditiva es mayor, por el contrario si determinamos el valor de la heredabilidad para ese mismo carácter en un rodeo muy consanguíneo donde la homocigosis es mayor, obtendremos un valor inferior, ya que las frecuencias de muchos de los genes son 0 y 1. Por lo tanto, habrá menos variación genética y las diferencias fenotípicas entre individuos serán preponderantemente ambientales.

1.1.5 Correlación genética

La correlación genética se calcula como el cociente entre las respuestas de selección estandarizados, cuando solamente el rasgo x es seleccionado, y el rasgo "y" va a seguir en una forma pasiva.

El coeficiente de correlación genética es de gran relevancia en el proceso de selección, pues dan una medida de la proporción en que los genes causan variaciones simultáneamente a dos caracteres diferentes (OSSA *et al.*, 2008).

El fundamento genético de las correlaciones es primordialmente la pleiotropía propiedad de un gen merced el cual afecta a dos o más características, de modo que si un gen se segrega causa una variación simultánea en los caracteres que afecta. Pero la correlación que resulta por pleiotropía o es el efecto total o neto de todos los genes segregantes que afectan ambos caracteres.

Unos pueden acrecentar los valores de ambos caracteres, en tanto que otros pueden aumentar en uno y aminorar en otro, pese a que el ligamiento es también una causa transitoria de correlación particularmente en poblaciones derivadas de cruza entre estirpes divergentes, con el tiempo la correlación causada por el ligamiento tiende a desaparecer a medida que el entrecruzamiento va separando los genes que estaban originalmente en el mismo bloque en el cromosoma (Falconer, 1986; Cardellino y Rovira, 1987; Lasley, 1970).

La causa de la correlación genética entre A_1 y A_2 consiguen ser permanentes o transitorias. La causa permanente de que dos caracteres estén genéticamente correlacionados es la pleiotropía, algunos de los genes que afectan a 1, afectan también 2. Una causa no permanente de correlación genética entre dos caracteres, es el ligamiento (linkage), en particular el llamado "desequilibrio genético" (linkage disequilibrium). Pasado el tiempo, la correlación causada por el

ligamiento tiende a desaparecer, a medida que el entrecruzamiento crossing-over va desapareciendo los genes que estaban originando en el mismo bloque en el cromosoma. La correlación genética entre dos caracteres de un mismo animal, puede ser medido, observando a un gran número de pares de individuos íntimamente emparentados, y correlacionando el carácter X en un miembro del par con el carácter Y en el otro. Lo cual requiere un número elevado de individuos, y las estimaciones adolecen de serios errores de muestreo (Cardellino y Rovira, 1987). Se consideran las correlaciones negativas y positivas, de acuerdo al nivel de asociación; 0 – 0.3 bajo; 0.3 – 0,5 medianamente baja; 0.5 – 0.7 medianamente alta; y de 0.7 – 1.0 altamente significativa (Caballero, 2017).

La importancia de la correlación genética entre dos caracteres, bajo el punto de vista del mejoramiento genético, es que, si entre ellas existe una correlación alta y positiva, el énfasis en la selección deberá hacerse apenas en una de ellas, reduciéndose el número de caracteres a seleccionar. Si los caracteres no muestran correlación genética, la selección de uno de ellos no aumentará ni disminuirá el otro; si los caracteres muestran una correlación negativa, la selección de uno de ellos reducirá al otro (Caballero, 2017).

1.1.6 Factores ambientales modificantes

El medio ambiente que modifica la expresión genotípica y produce variabilidad en el fenotipo, es debido a factores externos que actúan sobre el individuo, como son el clima, la alimentación, enfermedades, etc., los cuales pueden influir en la etapa prenatal y postnatal. Para reducir la variación de los factores ambientales que influyen en la manifestación de una característica, es conveniente uniformizar los sistemas de alimentación, manejo, sanidad, etc., en los hatos ganaderos (Caballero, 2017).

La magnitud de la varianza ambiental para un carácter en distintos periodos de la vida de un animal, puede ser causado por efectos permanentes o sea aquellos que prevalecen en todos los periodos y por efectos temporales, los cuales varían de un periodo a otro (Herrera, 1985). La gran cantidad de cambios en los genes y en los cromosomas, es la causa de la variación genética en los animales; esta variación genética se expresa. Sin embargo, solo en la medida en que las condiciones y los estímulos ambientales se lo permiten. El ambiente no modifica en forma directa

la constitución genética de un individuo, sino las circunstancias ambientales determinan la expresión con la cual se expresa la tendencia genética, siempre se debe tener en mente la interacción constante entre la herencia y el ambiente. Aun cuando la varianza ambiental no se transmite, esto no debe obstaculizar o limitar a los criadores para conseguir mantener un ambiente favorable como sea posible desde el punto de vista económico, para permitir el desarrollo total de las potencialidades inherentes a los animales (Warwick y Legates, 1980).

Las causas de la correlación ambiental son las desviaciones ambientales (mas dominancia y epistasis), si frente a la misma influencia ambiental de dos caracteres reacciona en la misma dirección tendremos una correlación ambiental positiva y se reacciona en sentido contrario será negativa (Cardellino y Rovira, 1987).

Entre los factores ambientales que modifican la respuesta productiva de las alpacas están: El efecto del año de nacimiento y la edad de la madre. El efecto de los años en la mayoría de los caracteres, persiste hasta la primera esquila y en otras hasta el tercer año de edad. Asimismo, la influencia del día de nacimiento persiste hasta los diez meses de edad. Crías nacidas en los primeros días de la estación de parición muestran una mayor tasa de sobrevivencia (Bustinza y Col, 1988).

Por otra parte, la existencia de la IGA hace estadísticamente imposible interpretar los principales efectos de genotipo y el medio ambiente, y para predecir el rendimiento de genotipos en entornos cambiantes.

La IGA es una de las complicaciones que se puede presentar en la selección de animales, partiendo del hecho de que los mejores genotipos en un ambiente no lo sean en otro, por lo que pueden reducir el progreso genético. Asimismo se observaron que biológicamente, la IGA puede presentarse de dos maneras: (i) un conjunto de genotipos pueden clasificarse de manera diferente dependiendo del entorno; y (ii) la diferencia real entre los genotipos puede variar entre los entornos en magnitud sin cambiar la clasificación, es decir, este último tipo de interacción genética no plantea ningún problema desde el punto de vista de selección, porque los mejores animales seleccionados en un entorno se comportarían igual en los demás, independientemente de la expresión diferencial de genotipos entre entornos.

La mayor parte de las características de importancia económica en el ganado son cuantitativas, y se caracterizan porque están determinadas por muchos pares de genes, y además la expresión fenotípica de la característica se ve afectada de manera importante por el ambiente; estos dos efectos se combinan para causar que el fenotipo de estas características, presente una variación continua, tal es el caso de la producción y composición de la leche. Por ello, desarrollar una estrategia efectiva de selección requiere un buen análisis de las interacciones, donde cualquier programa de mejora genética debe evaluar y seleccionar a los candidatos a padres de la próxima generación en las mismas condiciones (manejo y alimentación) donde se usarán sus progenies (Warwick y Legates, 1980).

Desde un punto de vista ambiental, es sencillo visualizar los cambios de los factores ambientales que afectan al ganado corresponden a una compleja interacción de la temperatura, humedad relativa, radiación, velocidad del viento, precipitación, presión atmosférica, luz ultravioleta y polvo

La temperatura es probablemente la variable más investigada y al mismo tiempo la más utilizada como indicador de estrés en ganado bovino

Por otra parte (Buckley *et al.*, 2000) mencionaron que la alimentación es otro factor de importancia, debido a que los animales de alto mérito genético tienen mayores requerimientos de energía y consumen más alimento, pero su capacidad productiva no se expresa con nutrición inadecuada. También, la fisiología, el comportamiento y la salud del ganado son marcadamente influenciados por el ambiente, en el cual el ganado vive afectando significativamente el desempeño productivo y por tanto económico del mismo.

Sin embargo, desde el punto de vista genético es difícil determinar los mecanismos responsables de las diferentes respuestas, se observaron que el ambiente no modifica de forma directa la constitución genética del individuo, pero sí determina la extensión con que se expresan los genes. Por lo tanto, cuando se cuantifica el comportamiento fenotípico de los animales se considera el componente genético y ambiental en forma independiente, y un efecto adicional algunas veces significativo causado por la interacción de los mismos (Cerón *et al.*, 2001)

Esta interacción se establece debido a que algunos genes pueden mostrar diferentes efectos en diferentes entornos, es decir, algunos genes son más sensibles a los factores ambientales en comparación con los demás, y por lo tanto se ve reflejado en el fenotipo del animal. Por lo anterior también se menciona que los loci de rasgos cuantitativos (QTL) se pueden clasificar en dos grupos, un grupo de genes constantes, donde el descendiente de un mismo reproductor en diferentes regiones expresaría una porción de sus genes en común, y el otro grupo son los genes de interacción en donde la otra porción diferiría según la región en que serán criados (Kemper y Goddard, 2012).

1.1.7 Camélidos sudamericanos

Existen 4 especies de camélidos sudamericanos, dos especies silvestres, el guanaco (*Lama guanicoe*) y la vicuña (*Vicugna vicugna*), y dos especies domésticas, la llama (*Lama glama*) y la alpaca (*Vicugna pacos*). La población de camélidos en Sudamérica se distribuye principalmente en cinco países, con la mayor población de guanacos al sur de Argentina, la mayor población de llamas en la región altiplánica de Bolivia, y siendo Perú donde se encuentra la mayor población de alpacas y vicuñas, mientras que Chile y Ecuador poseen censos comparativamente muy reducidos de las cuatro especies.

Al habitar las zonas más agrestes donde otras especies son incapaces de prosperar y proporcionar beneficios económicos, los camélidos se han adaptado, tanto en su morfología como en su comportamiento reproductivo, acortando su periodo reproductivo a los meses de diciembre a marzo, coincidiendo el parto con la abundancia de pastos ricos en proteínas para la producción de leche, y con la aparición de hierba fresca que puede ser aprovechada por los recién nacidos.

La fibra de los camélidos tiene propiedades textiles tan variadas que se pueden producir todo tipo de prendas. Aunque la fibra de los guanacos es muy fina, presenta posee doble capa que necesita descenderse previamente. Lo mismo ocurre con la vicuña, pero es esta última la que mundialmente posee el menor diámetro de fibra, entre 12 y 14 μm , aunque en volúmenes pequeños, ya que cada vicuña produce sólo de 200 a 300 gramos cada dos años. Estas dos especies se encuentran en peligro de extinción en Perú, clasificándose como tales en estado vulnerable en los apéndices I y II de la convención CITES1.

Por ello no es posible aún comercializar los subproductos de estas especies, ni tampoco pueden ser considerados en planes de manejo zootécnicos. Únicamente se contempla su conservación en Áreas Naturales Protegidas o Áreas de Conservación a través de Comités de Uso Sostenible. En cambio, en la llama y la alpaca se puede aprovechar todo el animal, la fibra para productos textiles, la carne para consumo en fresco y seco, las vísceras para el autoconsumo y el cuero para peletería. Incluso existen alternativas para que los subproductos cárnicos puedan elaborarse en pellets como alimentos para truchas

Los camélidos sudamericanos son mamíferos herbívoros considerados pseudorumiante, que habitan principalmente países como de Perú, Bolivia, Chile, Argentina y Ecuador, son fuente importante de ingresos económicos para el sector pecuario de las poblaciones andinas de Sudamérica ya que proporcionan productos como fibra, carne (charqui), piel (tallas), leche, estiércol (combustible) y cuero. Además, son utilizados en la medicina tradicional, como mascotas, como guardianes, en el turismo (transporte y artesanías) y gracias a su gran fortaleza son usados en la labranza agrícola de las áreas alto andinas, estos productos son obtenidos principalmente de las especies domésticas como la llama y la alpaca. En las especies silvestres como la vicuña y el guanaco, es de mayor importancia la vicuña en la industria textil por su gran calidad de fibra, sin embargo, el guanaco está tomando popularidad en la actualidad gracias a la resistencia de sus fibras, siendo más valioso que el cashmire.

1.1.8 Distribución geográfica de la alpaca

La población de alpacas previa a la conquista se distribuía únicamente en América del Sur. Su comportamiento, docilidad, y su capacidad innata como animal productor de fibra, ha llevado a esta especie a distribuirse por todo el mundo, despertando interés en ocasiones como animal exótico. Por ello, se ha distribuido por de todo el planeta, no sólo para aprovechar su fibra, sino también para ser exhibido como mascota. Al no haber un acuerdo sobre el nivel de pureza de la alpaca, su censo es difícil de establecer, pero los volúmenes de producción textil permiten estimar que la población mundial de alpacas sería de alrededor de cinco millones de animales, aunque las inferencias y el último censo reporten una población de 3,5 millones de cabezas. Perú es el país con mayor censo de alpacas,

con aproximadamente el 86,91%, seguido por Bolivia con el 9,34%. A nivel nacional, en Perú la alpaca se distribuye en 18 de las 24 regiones definidas (llamadas departamentos), teniendo la mayor población animal el departamento de Puno (58,5%), seguido por Cuzco (11,4%), Arequipa (9,4%), Huancavelica (6,8%) y Ayacucho (4,6%), y el resto distribuido en los otros 13 departamentos.

En general, las alpacas pueden habitar a cualquier altitud desde el nivel del mar, pero generalmente habitan en regiones altoandinas, a altitudes incluso superiores a 5.000m, a lo largo de más de 3.000 km de cordillera, desde Ecuador hasta el extremo norte de Chile y el noreste de Argentina. En este espacio geográfico existen fuertes fluctuaciones de temperaturas y precipitaciones constituyéndose de esta manera en una de las limitaciones más importantes para el desarrollo pecuario y agrícola. Sin embargo, la producción de alpacas constituye la principal actividad económica que prospera en este nicho ecológico, ya que la alpaca se puede aclimatar a diferentes ecosistemas. De hecho, en la época precolombina existían grandes hatos de camélidos aclimatados a muy diversas zonas fuera de las regiones andinas, incluyendo llanuras y áreas costeras. Fue la llegada de los conquistadores españoles la que desplazó estas especies a zonas de altura para ocupar espacios más favorecidos con especies procedentes del viejo mundo.

1.1.9 Clasificación taxonómica de la alpaca

Franklin (1982), estudió las diferencias y similitudes entre las cuatro especies de camélidos sudamericanos. Mediante comparaciones sociológicas, conductuales y morfológicas entre el guanaco y la vicuña, concluye que no es posible aclarar su evolución, siendo la hipótesis más verosímil la que establecería que el guanaco o su antecesor, daría origen a la llama mediante un largo proceso de domesticación, hipótesis que se refuerza por el gran parecido morfológico entre ambos. En cambio, la derivación de la alpaca no es tan fácil de explicar, debido a que la alpaca es semejante a la vicuña en ciertos caracteres morfológicos y de comportamiento, pero también similar a la llama y al guanaco en lo que respecta a la morfología del cráneo. La primera clasificación de la alpaca se remonta a lo propuesto por el zoólogo sueco Linnaeus en 1758 que clasificó la especie como *Camelus pacos*. Poco después, Cuvier, en 1800, propone el género *Lama* para describir a la llama y alpaca. Posteriormente, con la intención de que la

clasificación taxonómica reflejara la historia evolutiva, Illiger en 1811 la denomina *Auchenia* refiriéndose como auquénidos a todo el grupo de camélidos. Fue tan popularmente utilizado, que incluso Ameghino, en 1880, la denomina *Auchenia sp.*, imponiéndose sobre el término *Lama* anteriormente propuesto por Cuvier. Sin embargo, el término *Auchenia* había sido previamente utilizado para clasificar un grupo de escarabajos, por lo que fue descartado, manteniéndose *Lama pacos* hasta 2001, cuando las conclusiones de Kadwell *et al.*, (2001) conducen a su reclasificación como *Vicugna pacos*. La clasificación taxonómica actual tras aceptar las diferentes propuestas por resoluciones de la comisión Internacional de Nomenclatura Zoológica (Vilá, 2012).

1.1.10 Ecotipo Huacaya

El ecotipo Huacaya, está representado por un 85% distinguido por presentar una cabeza relativamente pequeña bien unida a un cuello mediano y fuerte, con orejas pequeñas de forma triangular, ollares amplios y boca con belfos muy móviles con pigmentación oscura además presentan un copete bien formado y la cara limpia, la línea superior convexa que continúa hasta la cola, extremidades fuertes y buenos aplomos, lo que proporciona una fina estampa armoniosa. La fibra presenta rizos que le proporcionan una apariencia esponjosa (Hoffman y Fowler, 1995; Antonini *et al.*, 2004 y FAO, 2005).

En cuanto a la proporción de colores en los rebaños, la capa es predominantemente blanca en un 60%, mientras que los colores intermedios diferentes del negro y del blanco abarcan un 32%, siendo un 8% de color de capa negro. Esta proporción es consecuencia de la selección artificial más reciente, ya que anteriormente la mayor población de alpacas era de color incluyendo el negro y en menor cantidad la alpaca de capa blanca. El cambio obedece a la demanda del mercado de la fibra, en el que la alpaca blanca es más solicitada que la alpaca de color por ser la única que se tiñe fácilmente a cualquier tonalidad. Referente a la herencia del color, concluyendo que el blanco es dominante sobre el negro, mientras que Gandarillas (1971) sugiere que el blanco es el recesivo, pudiendo ser el negro dominante o recesivo sobre el marrón concluyen que el manchado sería el recesivo del color sólido, una clasificación de recesivos y dominantes para los grupos eumelánicos, feomelánicos y los silvestres y Valbonesi indican que el blanco es controlado por

un solo gen que es dominante sobre los pigmentados. No parece existir dominancia entre los colores marrón y negro, similarmente a lo encontrado por el mismo grupo de trabajo en ovino (Renieri *et al.*, 2008).

Estos autores comentan que los análisis de segregación resultan muy complicados al existir aparentemente muchos errores en el registro de los colores de la capa de los animales, ya que el color de la fibra en algunos casos es distinto al color de la piel. Por ellos sería necesario medir la variación cuantitativa de la melanina como se hace en llamas

1.1.11 Ecotipo Suri

El 15% restante aproximadamente compensa a este eco tipo los aimaras otorgaron este nombre por similitud a la elegancia de la fibra que cae desde el lomo al suelo. Esta peculiaridad podría responder al relieve de las escamas de la fibra que tiene menos de 0,08 μm en comparación al relieve de la fibra de Huacaya que tiene 0,20 a 0,35 μm mucho menor que otras especies (SUPRAD, 2009). El eco tipo Suri es más chico que el Huacaya y menos tolerante para soportar condiciones medio ambientales extremas, la ausencia de rizos en el Suri le da a la fibra una mejor suavidad y brillo, pero al mismo tiempo una inferior aptitud para el hilado.

Por ello los antiguos habitantes la denominaron también “chilipaqucha” cuyo significado proviene del aimara chili que significa “lo más hondo”, mientras que paqucha proviene del quechua (otra lengua local asociada a la etnia indígena del mismo nombre) que significa “alpaca”, y cuya conjugación significaría “alpaca de zonas más bajas” u “hondonadas”.

1.1.12 Fibra de alpaca

La fibra de alpaca es una de las más finas del mundo y supera en calidad a la de cachemir y a la lana de oveja, por lo que es preferida para la confección de chompas, suéteres, faldas, entre otras prendas de vestir; también accesorios como bolsos, carteras y correas, e incluso tapices y alfombras.

El atributo más esencial de la alpaca, es la fibra debido a sus cualidades textiles, de la misma manera es muy estimado en el mercado mundial. Del mismo modo la densidad el peso de vellón, longitud de fibra y de mecha, finura y rendimiento del

vellón constituyen características que tienen importancia en la producción (Ormachea *et al.*, 2015). Estas peculiaridades los hacen ser muy convenientes como insumo para la industria textil (Liu *et al.*, 2004).

Las alpacas muestran un crecimiento abundante de fibras de calidad, referida a la finura, que es la principal característica productiva que determina la calidad del vellón de una alpaca, y se refiere directamente al diámetro o grosor de la fibra expresado en micras (μ) (Carpio, 1991).

Asimismo, su fineza se expresa en el diámetro que puede alcanzar las 19 micras de diámetro y una medulación muy baja, lo que permite confeccionar prendas más delgadas y ligeras, utilizables en cualquier temporada del año.

La fibra de alpaca, luego de la esquila, está categorizada según la normatividad técnica vigente en extrafina, fina, semifina y gruesa. Si la compra la industria, lo hace según sus calidades Royal, Baby, Súper baby, Fleece, Medium Fleece, Huarizo o alpaca gruesa.

Otra de las características de la fibra de alpaca es su durabilidad, lo que permite que sea reutilizada. Por ello es que el 90 % de la fibra de alpaca se exporta a más de 20 países, siendo los mayores envíos a China e Italia.

También se caracteriza por su propiedad higroscópica, dado que la absorción de la humedad ambiental de la fibra de alpaca es baja. Del mismo modo, tiene muy buena elasticidad y resistencia siendo posible compararla con la de la lana y otras fibras animales.

Finalmente, la fibra de alpaca es antialérgica, dado que no contiene lanolina; y tiene más de 22 colores naturales, desde el negro, con variaciones de grises y marrones, hasta el blanco (Liu *et al.*, 2004).

1.1.13 Características de la fibra de alpaca

Los atributos de la fibra son: ser suaves y flexibles al tacto, poco inflamables, de bajo afiel-tramiento, poco alergénicas los tejidos son proclives a la confección de vestidos con excelentes pliegues, apariencia, caída y lustrosidad, otorgan el aspecto de ser nuevos a pesar del tiempo que puedan haber sido usados. En este contexto, los tejidos elaborados con fibra de alpaca son comparables a los

elaborados con lana ovina, pero con un diámetro promedio 3 a 4 micras menor contrastando con los vellones de ovinos, los rendimientos en limpio de los vellones de alpaca son altos (87% a 95%), lo cual permite un procesamiento industrial menos oneroso.

La fibra de alpaca es el principal producto de la alpaca, valorada comercial e industrialmente por ser una de las fibras más finas y lujosas del mundo. La fibra de alpaca presenta las siguientes características especiales:

No inflamabilidad: La fibra no combustiona sino está en contacto directo con el fuego.

Elasticidad y resistencia: La fibra de alpaca tiene muy buena elasticidad y resistencia siendo posible compararla con la de la lana y otras fibras animales.

Propiedad higroscópica: La absorción de la humedad ambiental es baja.

Propiedad térmica: Tiene propiedades térmicas por contar con burbujas de aire microscópicas. Gracias a esta característica, cuando hace calor se contraen para que sea fresca y cuando hace frío retiene el calor. La estructura de la fibra de alpaca hace que se comporte como un aislante, siendo posible utilizarla en diferentes condiciones climáticas.

Afieltramiento: La fibra de alpaca tiene una menor tendencia al afieltramiento si es que la comparamos con la lana y otras fibras animales.

Suavidad: La estructura de la fibra de alpaca, la hace muy suave al tacto, pudiéndose comparar con una lana de 3 a 4 micrones más fina.

Textura visual: Especialmente para abrigos, la tela tiene una excelente caída, apariencia, brillo natural y tacto, manteniéndose inalterable a través del tiempo.

Antialérgica: No contiene lanolina.

Colores: Tiene más de 22 colores naturales, desde negro, con variaciones de grises y marrones, hasta el blanco.

1.1.14 Densidad de fibra

La densidad logra ser estimada como un buen criterio de selección está referida al número de fibras que existe por unidad de superficie del vellón (milímetro cuadrado, mm^2) Matthews (1951); McFaden y Neale (1954) hacen saber que a mayor número de fibras por mm^2 , mejor será la densidad; algunos autores toman en consideración que a mayor densidad existe mayor peso y por lo tanto menor diámetro de la fibra (Torres y Carpio, 1992; Espinoza, 2009). Una cualidad del vellón de alpaca es la uniformidad que consiste en encontrar y observar un mismo grado de finura, densidad y rizo de las fibras, en las diferentes áreas del vellón tal vez el atributo más importante, determina la comercialidad de un vellón. La densidad cuantifica el número de fibras que crecen dentro de un vellón, lo que determina la cantidad de vellón vendible que se produce; una densidad más alta también protege el vellón contra la penetración de la suciedad y la humedad, y promueve la alineación de las fibras dentro de cada fibra y está determinada por el número de conducto de la piel de donde emergen las fibras en número de variable de 1 hasta 8 (Quispe, 2018).

Arnando (2011) hace mención que la densidad de vellón incrementa hasta los 2 años de edad del animal, manteniéndose casi constante hasta los 5 años y bajando hasta 65% a los 7 años de edad del animal, comparado a los dos años de edad, las regiones corporales de mejor densidad son el cuello, costillar medio, dorso y las cantidades inferiores se encuentran en las nalgas y vientre. La densidad esta relaciona al número de folículos de fibras por área de la piel, esta es una de las singularidades cuantitativas más importantes, en el vellón de alpaca, el vellón denso expresa una línea muy delgada de piel cuando se separa, otra forma de valorar la densidad, es presionando hacia adentro sobre el manto de las alpacas percibiendo la resistencia, el vellón denso hará más complicado sentir el hueso que cubre la región corporal que se evalúa, además cogiendo el flanco de la alpaca y percibir cuanto vellón llena su mano de igual forma puede ayudarnos a juzgar la densidad de fibra no obstante estos métodos pueden embaucar, cuando las fibras gruesas “llenan sus mano” más que las fibras finas, y cuando las fibras ásperas también brindan más fortaleza que las fibras más finas. De manera que, una alpaca de fibra fina podría, en la comparación, sentirla menos densa. Existe información limitada sobre densidad de fibras, en camélidos sudamericanos, no obstante,

existen reportes sobre la densidad folicular que se encuentra estrechamente relacionada con la densidad de fibras y la densidad del vellón (Gamarra, 2008).

Bosman (1985) recomienda que el término densidad sea utilizado por los jueces de ovinos para mostrar la compactibilidad en el vellón. De la misma manera Bell *et al.* (1936); Burns (1937) la definen como el número de fibras por unidad de área en la superficie de la piel. En su mayoría los investigadores concuerdan que el número de fibras que crecen en una unidad de área es la base de la densidad; de igual modo, consideran que el número fibras solo no expresa completamente la densidad (Bosman, 1985; Quispe, 2016).

En la producción e identificación de animales que tienen como objetivo la producción de fibra, lana o pelos, la densidad de fibras es un criterio fundamental para la selección animal, existiendo la necesidad de implementar metodologías precisas para su medición pues asumiendo que existe una fibra por folículo (Nagorcka *et al.*, 1995). La densidad de las fibras y la densidad folicular están relacionadas con la producción y calidad de fibras, de manera que a mayor densidad existe mayor peso y por lo tanto menor diámetro de la fibra (Mathews, 1951; Scobie y Young, 2000).

Carpio (1991) expresa que en diferentes niveles de altitud se halló que la fibra va engrosando en promedio $0,01 \mu$ por día a la segunda esquila, los estudios sobre la densidad de la fibra han sido limitados por ausencia de conocimiento de la precisión de diferentes técnicas disponibles para medir la densidad y las enormes variaciones halladas dentro y entre las diferentes regiones de un vellón. La densidad de la fibra se puede manifestar de varias maneras. En el presente estudio se define como el número de fibras por unidad de área de la piel (Wolf y Poure, 1937).

Gamarra (2014) opina que la densidad es un carácter altamente heredable variando totalmente en relación con la edad y la región corporal.

En camélidos sudamericanos, no existe aún información sobre la densidad de fibras, aunque si existen reportes sobre la densidad folicular que se encuentra estrechamente relacionada con la densidad de fibras y la densidad del vellón (Gamarra, P. 2008).

La densidad es un carácter altamente heredable que varía totalmente en relación con la edad y la región corporal. La densidad de vellón aumenta hasta los 2 años de edad del animal, permaneciendo casi constante hasta los 5 años y desciende hasta 65% a los 7 años de edad del animal, comparado a los dos años de edad, las regiones corporales de mayor densidad son el cuello, costillar medio, dorso y las menores cantidades se encuentran en las nalgas y vientre (Gamarra, 2014)

Los estudios sobre la densidad de la fibra han sido limitados por la falta de conocimiento de la precisión de las diferentes técnicas disponibles para medir la densidad y las enormes variaciones encontradas dentro y entre las diferentes regiones de un vellón. La densidad de la fibra se puede expresar de varias maneras. En el presente estudio se define como el número de fibras por unidad de área de la piel. (Wolf, Dawson, y Poure, 1937)

1.1.15 Densidad de Conductos pilosos

Gamarra (2008) nombra que la densidad de conductos pilosos, es el número de conductos que existen en una unidad determinada de superficie; e influye en la finura de la fibra, uniformidad, compacticidad y el peso de vellón, siendo un componente importante del vellón que posibilita implementar sistemas de mejora de la cantidad de fibra. Al nacimiento los folículos se encuentran muy compactados en la piel, haciendo muy alta la densidad folicular. Por mm^2 el número de folículos puede estar entre 30 y 40 en la raza Southdown, mientras tanto en Merino Australiano la densidad folicular al nacimiento puede ser superior a 100. Novoa y Florez (1991) expresan que a medida que el animal va creciendo la piel se agranda y la densidad folicular aminora, en consecuencia, el promedio para un animal adulto figura alrededor de 10 folículos por mm^2 en las razas como las caras negras, cerca de 15 en razas de fibra larga, de 20 a 30 en razas Down y entre 50 a 100 en las diferentes clases de Merino en general, la mayor densidad folicular corresponde a un vellón más fino (Bustinza, 2001).

1.1.16 Fiber Den

Es un mini microscopio digital portátil que admite capturar imágenes de fibras y pelos, en la piel rasurada de diversas especies de animales, que después de ser procesadas semi automáticamente en la computadora portátil, acepta obtener

evaluaciones de densidad de fibras y canales foliculares. Asimismo, determina el tipo de canal folicular por número de fibras emergentes, sus atributos son ser ligero, portable, bajo en consumo de energía, con un peso de 200 gr. Permite capturar imágenes en áreas de piel desde, 0.25 hasta 9.0 mm². El procesamiento de imágenes es acelerado, pudiendo obtenerse gran cantidad de fibras de una muestra en un tiempo menor a un minuto. El sistema consta de un solo componente portable que contiene todo el sistema, tiene una interface amigable que trabaja en Windows, y los datos pueden ser exportados a Excel. El soporte técnico puede ser asistido en tiempo real mediante conexión remota (alámbrica o inalámbrica). Actualización y mantenimiento del software mediante internet, permitirá al usuario poder acceder a versiones posteriores y mejoradas para un mejor funcionamiento del sistema (Quispe *et al.*, 2015).

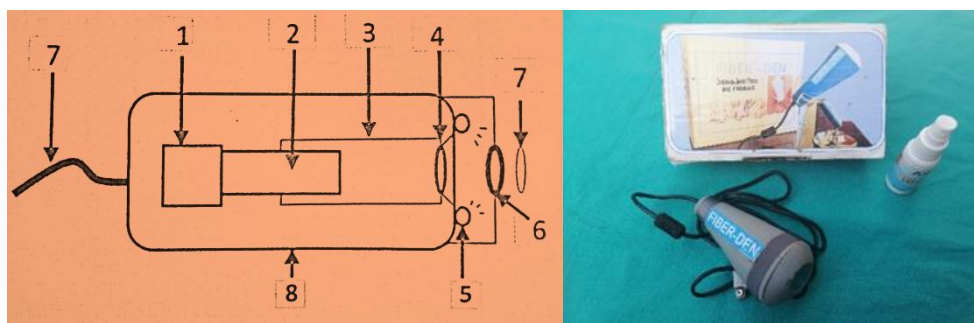


Figura 1. Esquema del Fiber Den

El Fiber Den es un equipo de medición compuesto por una tarjeta electrónica (1) detector de imagen (2) que mediante un espaciador (3) se encuentra distanciada de la lente u objeto (4) además está provisto con iluminación LED (5) provisto de una lente de vidrio circular (6) ubicada en la parte de apertura del objetivo (4) y cubierto de una película protectora (7) estos componentes están ensambladas dentro de una carcasa (8) resistente a golpes, hermética y una forma que le da la ventaja de ser ergonómica, propiedad sustancial dado que este equipo está diseñado para trabajar en campo abierto, o fuera de laboratorio, bajo condiciones de alta contaminación de partículas (figura 1) (Quispe y Quispe, 2019).

1.2 Antecedentes

1.2.1 Densidad de fibra y conductos pilosos

Ramos *et al.* (2018) reporto valores de densidad folicular para alpacas Huacaya machos y hembras con un promedio de 25.25 y 26.82 folículos/mm² respectivamente. Por tanto, la cantidad promedio de folículos/mm² es relativamente mayor en las hembras que en los machos con una desviación estándar de 8.36 y 7.18.

Quispe y Quispe (2019) hallan promedios de $23,60 \pm 0,36$ fibras/mm² para densidad de fibra (DenFib) en alpacas de la raza Huacaya, esta investigación fue realizada en el CIPS Lachocc de la Universidad Nacional de Huancavelica. Del mismo modo reportaron datos para densidad de conductos pilosos (DenCon) con un promedio de $10,50 \pm 0,16$ conducto/mm² a su vez estimaron la relación fibras sobre conductos pilosos (Fib/Con) obteniendo resultados de $2,41 \pm 0,04$, estos datos se determinaron siguiendo el procedimiento del equipo Fiber Den este procedimiento permite obtener tres características de fibras (DenFib, DenCon y Fib/Con con sus respectivas desviaciones estándar) de llamas, alpacas y vacunos, con la posibilidad de extender su uso en otras especies.

Ccalta (2020) en su trabajo de investigación titulado determinación del índice folicular y densidad de fibra en alpacas del CIP la Raya reporto los siguientes resultados para densidad de fibra en alpacas machos obtuvo 30,98 fibras /mm² y en hembras 28,50 fibras/mm² no encontró diferencias significativas ($P > 0.05$) para la variable densidad de conductos pilosos halló que alpacas de DL, 2D y 4D son superiores en densidad de poros frente a alpacas de BLL se debería que a mayor edad encontramos menor densidad de poros. Por otro lado, en el distrito de Susapaya, provincia de Tarata, realizaron un trabajo de investigación denominado características físicas de la fibra en alpacas Huacaya utilizando el método (S.C.I.R.O) técnica que consiste en hacer conteos de fibra en 50mg (0.05g,) el promedio de la densidad en alpacas hembras fue de la densidad en hembras fue $1\ 762,49 \pm 394,19$, mayor a los machos quienes tuvieron $1\ 657,24 \pm 355,77$ al análisis estadístico existe diferencia entre sexo, de acuerdo a la edad, muestra que existe diferencia estadística, donde las alpacas DL tienen $1\ 867,52 \pm 400,15$ ellas se presentan más densas en comparación con las alpacas BLL con $1\ 581,84 \pm 266,22$.

Siña (2012) encontró en cada 50mg de fibra densidades de $1\ 709,87 \pm 378,67$ fibras con una variación de 1025 a 3126 fibras y con un coeficiente de variación de 22,15% en la provincia de Tarata-Tacna, siendo este resultado mayor a lo reportado por Mamani (2009) quien halló $1\ 572,70 \pm 416,91$ fibras por cada 50 mg variando estas desde 868 a 2964 fibras, en el distrito de Marangani Cusco. Este último autor nombra que la densidad promedio del vellón de hembras de la raza Huacaya, se reduce conforme aumenta la edad del animal, sin mostrar diferencias con respecto a las regiones corporales.

Arana (1972) alude que la densidad folicular varía de acuerdo a las diferentes regiones de la piel de alpacas, por lo que el vellón muestra enorme heterogeneidad en su calidad, ya que existe una correlación entre densidad folicular y finura de fibra situándose en el costillar medio la zona representativa de la densidad folicular del vellón con un promedio de 15 folículos por mm^2 , por el contrario, la mayor densidad folicular corresponde a 20 folículos por mm^2 encontrándose en la región del cuello, entre tanto la menor concentración de fibras se observa en las zonas de las axilas y miembros encontrándose 10 folículos por mm^2 en promedio. La densidad folicular se reduce en dirección antero-posterior y dorso-ventral por esta razón se recomienda que las zonas de muestreo para determinación de finura de la fibra y densidad folicular, sea en el costillar medio del animal.

En el momento en que aumenta la edad del animal este llega a ser más pesado y de gran tamaño en consecuencia se incrementa la superficie de piel, lo que conlleva a la disminución de la densidad folicular, haciendo que los folículos lleguen a ser más grandes, que da como resultado la producción de fibras más gruesas adicionalmente, el número de folículos activos disminuye con la edad, McGregor *et al.* (2012) a pesar de que no existe evidencia clara del efecto de la edad en la reducción de la habilidad sintética de los folículos.

Corbett (2001) hace saber que cuando el animal llega a la madurez, a la poca competición de los folículos que cada vez son menos, los bulbos foliculares tendrían mayor abastecimiento de nutrientes sin embargo, como a mayor edad al existir cambios en los patrones de alimentación y la selección de dieta, por efecto de desgaste de los incisivos (en caso de ovinos) y por efecto de mal encaje entre

los incisivos inferiores y el rodete dentario (en caso de alpacas), el consumo de alimentos es menor, por eso ya no existiría un mayor incremento como debiera.

En estudios realizados en ovinos y camélidos sudamericanos como la llama reportan que a mayor densidad folicular menor es el diámetro de fibra (Rodríguez, 2009). En alpacas, existen diferencias de densidad folicular entre razas, siendo la raza Suri, la que posee una mejor densidad que la raza Huacaya encontrándose una relación entre la densidad y relación folicular con la finura de la fibra. En vicuñas se reportaron haces compuestos por tres fibras mostrando diferencias substanciales en tamaño y relación espacial entre pelos y fibras finas similar en otras especies (Torres *et al.*, 2007; Rodríguez, 2009; Badajoz *et al.*, 2009).

La densidad folicular, densidad de folículos primarios, densidad de folículos secundarios y relación folículos secundarios/primarios en ovinos y camélidos son buenos indicadores de la calidad y cantidad de fibra, no obstante, su uso como criterio de selección no resulta práctico por la dificultad en la medición, necesidad de varios equipos, alto costo, acción invasiva, necesidad de personal calificado y demora alrededor de 48 horas (Maddocks *et al.*, 1988)

Entre los factores internos que afectan el diámetro de fibra y peso de vellón resaltan el sexo, la edad, raza, sanidad, estado fisiológico, condición corporal y color de vellón Franco y San Martín, (2009) Quispe *et al.* (2009); Cervantes *et al.* 2010; McGregor y Butler, (2004); Renieri *et al.* (2007).

(Mamani, 2012) indica que la densidad de fibras ha sido evaluada en ovinos por Madsen *et al.* (1941, p. 10) quienes reportaron densidades medias entre 3425 y 4000 fibras/cm² en ovinos Rambouillet, variando de acuerdo a la zona corporal y al método utilizado, mientras que Carter (1942, p. 218) indica que existe una gran variación entre rebaños de Merinos australianos, pudiéndose encontrar valores bajos como 2300 y altos como 12400 fibras/cm²

1.2.2 Heredabilidad y correlación genética para Densidad de fibra

Cervantes *et al.* (2010) reporta una heredabilidad de 0.221 para densidad de fibra en alpacas Huacaya siendo esta heredabilidad moderada por otro lado Falconer y Mackay (1996) indican que la heredabilidad es un parámetro que varía mucho entre poblaciones y su obtención se realiza con el único fin de determinar los

métodos de selección de una población en particular, incluso la heredabilidad de un carácter en una población puede variar en función del nivel del ambiente que se considere (Prout y Barker, 1989).

Las diferencias encontradas en los resultados pueden explicarse por las diferencias en la toma de datos y al análisis de densidad que reportan los sistemas de medición como el Fiber Den y el (S.C.I.R.O) técnica el cual consiste en realizar conteos de fibra en 50mg (0.05g.), lo que supone un incremento de la varianza de los datos no explica en el modelo Cervantes *et al.* (2010) obtienen una heredabilidad de 0.268 para densidad de fibra en alpacas de la raza suri considerado como una heredabilidad moderada las estimaciones de heredabilidades obtenidas en densidad de fibra de camélidos sudamericanos son muy escasas.

Caballero (2017) indica que la correlación genética aditiva (r_A) puede aparecer por dos razones una es la pleiotropía esto es la existencia de genes con efecto sobre los dos caracteres, la segunda es que, aunque los genes que controlan cada carácter sean diferentes se encuentran cercanos físicamente en el genoma, de manera que la variación de uno de ellos va pareja a lo del otro por desequilibrio de ligamento. La recombinación romperá este segundo tipo de correlación genética. Las correlaciones genéticas entre caracteres reproductivos serán frecuentemente negativas, esta predicción no se cumplirá para caracteres poco relacionados con la eficacia como los morfológicos. De igual manera Falconer y Mackay (1996) hacen saber que la importancia de la correlación genética entre dos caracteres, bajo el punto de vista del mejoramiento genético, es que, si entre ellas existe una correlación alta y positiva, el énfasis en la selección deberá hacerse apenas en una de ellas, reduciéndose el número de caracteres a seleccionar.

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Identificación del problema

La fibra de alpaca, por sus propiedades textiles especiales es una de las más preciadas en el mercado, porque sus cualidades especiales brindan una sensación alta de confort; en virtud de ello, podemos apreciar en las pasarelas del mundo entero, cómo los diseñadores han empezado a explorar la alpaca como materia prima de sus creaciones (Encinas, 2009). Adicionalmente, la crianza de camélidos sudamericanos domésticos alpacas y llamas son el principal medio de subsistencia para más de un millón de pequeños productores de los andes centrales de Sudamérica (Quispe *et al.*, 2009). La comercialización de la fibra de alpaca y sus ingresos económicos de los productores están en función al peso de vellón (Quispe *et al.*, 2013). La fibra es producida por folículos y conductos pilosos que se evalúan superficialmente y que se encuentran incrustados en la piel, bajo este nivel se realizaron diversos estudios referidos a la estructura de la piel de alpacas; generándose sólo información preliminar. Si queremos alcanzar niveles competitivos en la comercialización de fibra se necesita mejorar la calidad mediante estudios de valores genéticos para los caracteres de la fibra, poseyendo un conocimiento amplio de la morfología y fisiología de la formación de la fibra de alpaca (Torres *et al.*, 2007).

Todo lo anterior muestra que la fibra de alpaca tiene estudios preliminares a nivel estructural aunque, existen escasos estudios que muestran la heredabilidad y correlaciones genéticas sobre densidad de fibra cuantificado, siendo esta variable muy elemental, debido a que si se selecciona animales con un alto valor genético en densidad de fibra como consecuencia se tendrá animales con mayor peso vellón, entendiéndose que

la densidad de fibra es el número de fibras que existen por unidad de superficie del vellón (milímetro cuadrado, mm^2) (Quispe y Quispe, 2018).

La problemática propone primero dilucidar la relación que existen entre los conductos pilosos y la densidad de fibra, y estimar parámetros genéticos con fines de selección.

Los parámetros genéticos como la heredabilidad y correlación genética para densidad de fibra, densidad de conductos pilosos a pesar de su relevancia en el mejoramiento genético, constituye uno de los caracteres poco conocidos e insuficientemente valorados posiblemente a la dificultad que implica su medición. Enfocarse en la densidad como objetivo de mejoramiento genético en alpacas, se consideraría una óptima estrategia que enfocarse solamente en la finura y peso de vellón. Los animales densos tienen un diámetro de fibra muy fino; a pesar de ello, no todos los animales finos son necesariamente densos. El descenso del diámetro de fibra sola puede ser contraproducente para maximizar las ganancias de un criador. En la actualidad este tema es de gran envergadura porque en el Perú la venta de fibra se realiza por peso de vellón y no por finura.

En virtud de ello se trabajará utilizando un modelo animal para la estimación de heredabilidad y correlación genética de densidad de fibra y conductos pilosos, eligiendo usar un nuevo procedimiento y equipo Fiber Den con el objetivo de evaluar la densidad (DenFib), haces de fibras por conductos (DenCon) y la relación N° de fibras/ N° de conductos (Fib/Con) en alpacas en forma no invasiva. Para la clasificación de animales elite como reproductores.

2.2 Enunciados del problema

2.2.1 Problema general

Existirá variación genética suficiente en las características textiles de la fibra de alpaca como son la densidad de fibra (DenFib), densidad de conductos pilosos (DenCon) y relación fibra conductos pilosos (Fib/Con); y en qué proporción están correlacionadas genéticamente entre sí para una posible implementación de un programa de selección? .

2.2.2 Problemas específicos

¿Cuáles serán los valores heredabilidad, correlación genética para densidad de fibras, densidad de conductos pilosos, relación fibras/conductos?

¿La densidad de fibra, densidad de conductos pilosos y relación fibras conductos variará según la edad y el sexo del animal?

2.3 Justificación

Para que un carácter sea considerado como criterio de selección, es necesario la estimación de sus parámetros genéticos, que sirven como herramientas importantes para la obtención de las respuestas directas y correlacionadas de la selección, elaboración de índices de selección y predicción de los valores genéticos de los animales, con esa base, se posibilita identificar aquellos animales sobresalientes o con mérito genético mayor, capaces de producir eficientemente y de transmitir su potencial a su descendencia, con respecto al carácter a considerar, donde la heredabilidad se presenta como uno de los parámetros genéticos más importantes en el mejoramiento genético animal, nos define la capacidad de transmisión del carácter a su descendencia por otra parte las correlaciones genéticas se presentan como otra herramienta fundamental para el mejoramiento genético, permite predecir cómo se comportará determinada característica con relación al desempeño de otra, afectándola de forma positiva o negativa.

Por esta situación y frente a la problemática que existe en el campo del mejoramiento genético se considera que el presente trabajo es de gran importancia en vista que en la literatura revisada no se encuentran estudios de evaluaciones genéticas para las variables en estudio, con la presente investigación se pretende sentar las bases para la selección en torno a estas nuevas características. Además se estimara la variación de la calidad de animales que existe en el Centro de Desarrollo Alpaquero Toccra CEDAT – DESCO del distrito de Yanque, identificando las fuentes de variación de los siguientes caracteres densidad de fibra (DenFib), densidad de conductos pilosos (DenCon), relación fibras/conductos (FibCon), se logró cuantificar la fibra con un método no invasivo utilizando un densímetro de fibras (Fiber Den) obteniendo datos para la toma de decisiones para implementar nuevos criterios de selección genética. Estableciendo como un punto de partida para elegir el mejor criterio de selección a utilizar en un programa de mejoramiento genético, se insertó una nueva tecnología para evaluar y cuantificar la calidad de la fibra de manera objetiva, debido a que no se cuenta con una metodología objetiva para determinar la densidad de fibra, teniendo en cuenta el bienestar animal al momento de cuantificar.

2.4 Objetivos

2.4.1 Objetivo general

- Estimación de heredabilidad, correlación genética para densidad de fibra y conductos pilosos; en alpacas del Centro de Desarrollo Alpaquero Tocra Cedat – Desco del Departamento de Arequipa.

2.4.2 Objetivos específicos

- Estimar heredabilidad, correlación genética para densidad de fibra, densidad de conductos pilosos, relación fibras/conductos de alpacas del Cedat -Desco
- Cuantificar la densidad de fibras, densidad de conductos pilosos y relación fibras/conductos según edad, sexo, de alpacas del Cedat- Desco.

2.5 Hipótesis

2.5.1 Hipótesis general

- La heredabilidad, correlación genética, para densidad (DenFib), densidad de conductos pilosos (DenCon) y la relación fibras/ conductos (Fib/Con) de alpacas del Centro de Desarrollo Alpaquero Tocra son de magnitud baja a moderada

2.5.2 Hipótesis específicas

- La heredabilidad, correlación genética para densidad de fibras, densidad de conductos pilosos, relación fibras/conductos de alpacas de alpacas del CEDAD-DESCO son de magnitud moderada.
- Las magnitudes de los valores de densidad de fibras, densidad de conductos pilosos y relación fibras/conductos varían según edad, sexo, de alpacas del CEDAT- DESCO

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de estudio

Los datos se recolectaron del centro de cría y producción de camélidos sudamericanos domésticos (CSD), importante para la investigación, experimentación y transferencia de tecnología CEDAT-DESCO ubicada a dos horas de la ciudad de Arequipa a una altitud de 4,400 m en el anexo de Tocra, distrito de Yanque, provincia de Caylloma, departamento de Arequipa-Perú. Sus características climáticas corresponden a un hábitat de puna seca, con una precipitación pluvial anual inferior a 350 mm, con temperaturas que oscilan entre 15°C y -20°C entre las coordenadas de longitud Oeste; 15°10'02" y 15°11'36" latitud Sur (CEDAT, 2018).

3.2 Población

Se utilizaron las 344 alpacas de diferente edad y sexo, la información de genealogía fue de 1813 registros.

Tabla 1

Cantidad de alpacas existentes según raza, tipo de vellón, color y sexo - CEDAT; a junio del 2018

Categoría	Huacaya Blanco		Huacaya de Color		Suri Blanco		Total
	Hembra	Macho	Hembra	Macho	Hembra	Macho	
Adultos	146	27	24	4	16	3	220
Tuis	25	10	3	0	3	0	41
Crías	31	33	9	2	5	3	83
Total	202	70	36	6	24	6	344

Fuente: CEDAT; Junio del 2018.

3.3 Muestra

La determinación de la densidad de fibra y densidad de conductos pilosos se realizó en el mes de octubre a diciembre del año 2018, de acuerdo al procedimiento indicado por Quispe y Quispe (2019) el cual consta de 4 pasos: a) la preparación de la piel del animal, b) captura amplificada de imágenes de piel y fibras en el animal vivo, c) almacenamiento de imágenes y d) procesamiento de las imágenes y presentación de datos, dichos pasos se encuentran de manera detallada en el anexo2. Como equipos se consideraron un densímetro de fibras (FIBER-DEN) (microscopio portátil digital modificado) y una computadora portátil.

Preparación del FIBER - DEN y accesorios

1. Instalar una mesa de preferencia despegable
2. Abrir el maletín del Fiber Den y colocar el computador portátil mismo.
3. Colocar el paño absorbente y el rollo de papel secante al costado izquierdo de la mesa, así como los materiales para la rasuración (Tijera, navaja, crema de afeitar frasco rociador de agua).
4. En seguida colocar los materiales para la tinción (recipiente de teñido y guantes descartables) a un costado de la mesa.



Figura 2. Mesa instalada con el equipo de medición Fiber Den y demás materiales listos para el trabajo de evaluación de características de superficie del animal

a) La preparación de la piel y fibras del animal para la captura de imágenes

Se realiza mediante el corte de las fibras (con una tijera o máquina de corte o máquina de esquila) en la zona costillar medio en un área de 10 x 10 cm. Luego se rasura la fibra con el uso de una navaja provista de hoja de afeitador (1) dejando entre 0.2 a 0.4 mm de largo de la fibra desde el nivel de cada respectivo conducto. Luego se procede al teñido, utilizando una mezcla de tinte y oxigenta para dichos efectos. La zona estará lista para la toma de las imágenes, cuando se encuentre lavada (con jabón y agua) se seca con papel secante, toalla). La altura de corte de las fibras, de 0.2 y 0.4 mm permite una adecuada toma de imágenes, puesto que si las fibras son mayores a 0.4 mm impiden por obstrucción el adecuado conteo de las fibras, conductos y haces; mientras que si es menos a 0.2 mm, no se visualiza las fibras que constituyen los haces.



Figura 3. Rasurado de piel con navaja

b) Calibración del área de imagen a capturar

Para lo cual se hace uso de una regla calibradora micrométrica que permite indicar la distancia entre dos puntos, que luego sirve para determinar el área de trabajo (**figura 7**) para la captura de imágenes el cual se establece de acuerdo al tipo de fibras y a la especie animal. Cuando el detector de imagen trabaja a mayor aumento el área máxima a capturar es no menor a 1 mm^2 el que se debe utilizar cuando se desea evaluar densidades de fibras en alpacas, llamas, cabras y de lana en ovinos, mientras que para vicuñas se debe utilizar un área menor a 0.5 mm^2 cuando el detector de imagen trabaja a menor aumento.

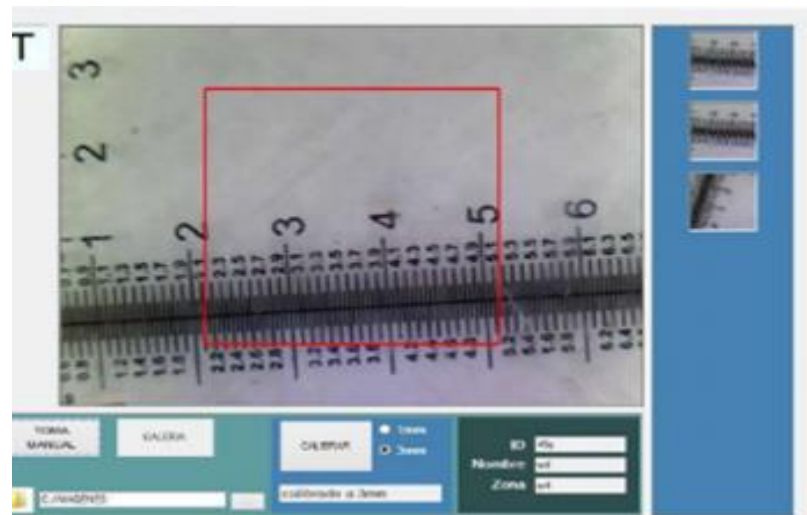


Figura 4. Calibrado de 3 x 3 mm para la captura de imagen

c) Captura amplificada y almacenamiento de imágenes de piel y fibras en el animal vivo

Para la captura de imágenes, se utilizó el área de 1mm^2 , obteniendo las imágenes de forma manual. La obtención de las imágenes se hizo mediante el FIBER-DEN, capturándose 5 imágenes por zona corporal, mediante el software FIBER-DEN1. Las imágenes fueron procesadas con otro software (FIBER-DEN2), el que permitió el conteo de las fibras por cada conducto, obteniéndose: promedio y desviación estándar de la densidad de fibras/ mm^2 promedio y desviación estándar de la densidad de conductos/ mm^2 y relación de N° Fibras/ N° de conductos. Asimismo, brinda información de haces de fibras por conducto.

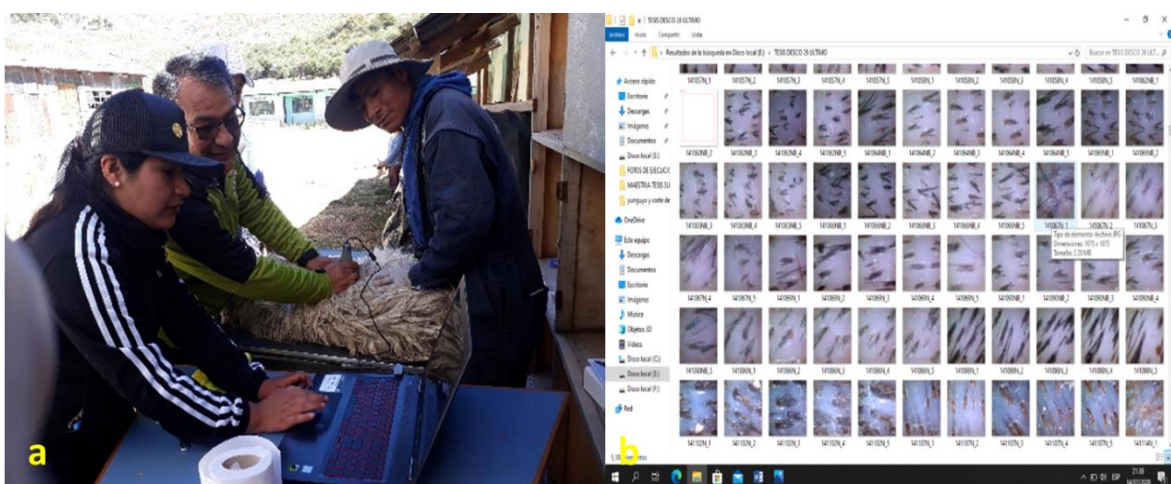


Figura 5. a) Captura de imágenes con el mini microscopio del costillar medio de una alpaca b) Imágenes guardadas en la computadora luego de la captura, en la sección de galería.

d) Procesamiento de imágenes

Consiste en realizar el conteo de las fibras por conducto en cada una de las imágenes debidamente identificadas. El conteo se realiza partiendo de la zona superior izquierda realizando el recorrido primero horizontal hacia la derecha y luego hacia abajo alrededor de 1 mm^2 siguiendo estos recorridos hasta culminar toda la imagen, considerándose como fibras validas a contarse solo a aquellas en las que se visualiza el punto de los conductos. Al momento del conteo se tendrá en cuenta las fibras por cada conducto de donde emergen (haces), marcándose los validos mediante un símbolo determinado (triangulo) para evitar dobles conteos. Luego de terminar el conteo de las fibras por cada conducto en una imagen se realizará las anotaciones respectivas en forma manual o automática, pasándose luego a las imágenes siguientes, de modo que por cada zona del animal como mínimo deben de contarse cinco imágenes. Los resultados del número de fibras y número de conductos por área de trabajo (densidad de fibras o densidad de conductos), se ponderan a 1mm o a 1cm, para fines de comparaciones.

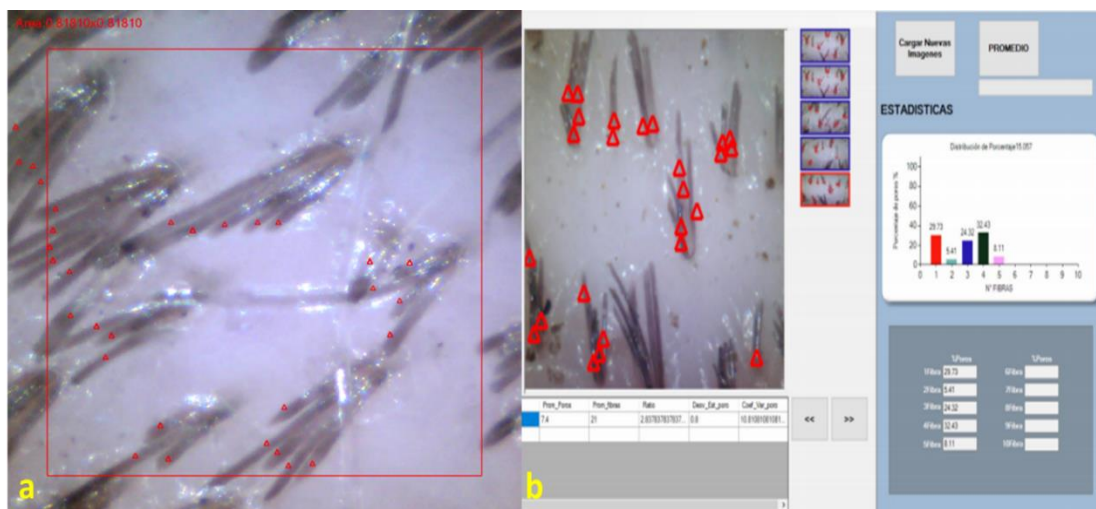


Figura 6. a) Imágenes de 0.64 mm^2 de piel de alpaca, donde se observa fibras y pelos emergentes, logradas utilizando el Fiber Den. a: Obsérvese muchas fibras que salen de un solo conducto b. la salida de un pelo solitario, b) Interfaz del Fiber Den. Obsérvese la imagen evaluada y los resultados como datos y gráfico.

Para determinar la relación N° de fibras / N° de conductos, se divide la cantidad de fibras contadas entre la cantidad conductos contados (Bonilla y Peña, 2019)

3.3.1 Equipo

- Fiber-Den
- Laptop



3.3.2 El Fiber - Den

Cuenta con los siguientes accesorios:

- Protector de polvo
- Antireflex
- Pulverizador de agua
- Gilets
- Bol
- Brocha
- Cuchillas inoxidables
- Navaja de afeitar
- Oxigenta
- Tinte
- Tijeras
- Paño de microfibra para ópticos
- Guantes descartables
- Papel secante
- Toallas secantes
- Champu
- Secadora
- Curabichera
- Marcador
- Soga

3.3.3 Materiales de escritorio

- Tablero
- Fichas de registro
- Lapicero

- Mesa portable
- Cámara fotográfica

3.4 Método de investigación

3.4.1 Estimación de los componentes de varianza

Para la estimación de la heredabilidad de las características mencionadas se utilizó un modelo animal univariado, mientras que para la estimación de las correlaciones genéticas se utilizó un modelo animal bivariado. El modelo animal en notación matricial es el siguiente:

$$y = X\beta + Z\mu + e$$

Donde y es el vector de registros para las características densidad de fibras, densidad de conductos pilosos y relación fibras conductos; β es el vector de efecto fijo de sexo; μ es el vector de efecto aleatorio animal, que incluye animales con y sin registro para la característica en mención; e es el vector de efectos residuales aleatorios ($e \sim \text{NID}(0, \sigma_e^2)$) y X y Z son matrices de incidencia que asocian las observaciones con los efectos fijos y aleatorios, respectivamente

Las ecuaciones de modelo animal mixto son las siguientes:

$$\begin{bmatrix} X'X & X'Z \\ Z'X & Z'Z + A^{-1}\alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta \\ \mu \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'y \\ Z'y \end{bmatrix}$$

El valor de alfa (α) en el modelo Animal toma en cuenta la relación de parentesco de todos los individuos de la población y se calcula a través de la expresión

$$\alpha = \frac{1 - h^2}{h^2} = \frac{\sigma_e^2}{\sigma_\mu^2}$$

Los primeros y segundos momentos del modelo son:

$$E \begin{bmatrix} y \\ u \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X\beta \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; V \begin{bmatrix} u \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G & 0 \\ 0 & R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A \otimes G_0 & 0 \\ 0 & I \otimes R_0 \end{bmatrix},$$

Donde G_0 y R_0 denotan las matrices de orden 2×2 , que contiene los componentes de varianza genético aditivo y residual, respectivamente. A es la matriz de relaciones de parentesco entre individuos evaluados. I denota la matriz de

identidad y \otimes denota el operador kronecker entre matrices. Las estimaciones de los componentes de co(variancia) fueron estimadas via Máxima Verosimilitud Restringida (REML), usando el programa AsReml (Gilmour *et al.*, 2009).

3.4.2 Estimación de parámetros genéticos

La estimación de heredabilidad y correlaciones genéticas para densidad de fibras, densidad de conductos pilosos, relación fibras/conductos se estimaron usando los componentes de varianza estimado por el modelo animal.

3.4.2.1 Heredabilidad

La heredabilidad en el sentido estricto, se calculó usando los componentes de varianza por las siguientes expresiones (Falconer y Mackay, 1996)

$$h^2 = \frac{\sigma_u^2}{\sigma_p^2}$$

Donde:

h^2 = Heredabilidad en sentido estricto.

σ_u^2 = Varianza genética aditiva.

σ_p^2 = Varianza fenotípica.

Correlación genética

La correlación genética de cálculo usando lo componente de varianza de caracteres evaluados Falconer y Mackay (1996) como son densidad de fibra y densidad de conductos pilosos y aplicado a la siguiente formula:

$$r_{u_x u_y} = \frac{\sigma_{u_x u_y}}{\sigma_{u_x} \sigma_{u_y}}$$

Donde:

$r_{u_x u_y}$ = Correlación genética entre dos caracteres.

$\sigma_{u_x u_y}$ = Covarianza entre los caracteres

σ_{u_x} = Varianza genética aditiva del carácter x.

σ_{u_y} = Varianza genética aditiva del carácter y.

3.5 Descripción detallada de métodos por objetivos específicos

El procedimiento no invasivo para determinar la densidad de fibra, densidad de conductos pilosos y relación fibra conducto pilosos en piel de alpaca está determinado por 5 procesos, el cual se encuentra detallada en el anexo 2 (Quispe y Quispe, 2019).

3.5.1 Del análisis de los factores fijos

El análisis de varianza de los caracteres de densidad de fibra, densidad de conductos pilosos y relación fibra/conductos pilosos, se realizó en un diseño completamente al azar con un arreglo factorial 4x2, usando el software SAS versión 9.4, considerando como factor de variación el sexo y la edad. Para concretar los supuestos de normalidad y homogeneidad de la varianza los datos de densidad de fibra, densidad de conductos pilosos se transformaron a raíz cuadrada y los datos de relación fibra conductos fueron transformado a logaritmo (Montghomery, 2013).

3.5.2 Análisis de varianza

El análisis de varianza de los factores fijos se realizó utilizando el software SAS versión 9.4. Analizando los datos de los caracteres en un diseño completamente al azar con un arreglo factorial de 4x2, el primer factor con 4 niveles (Dientes de leche, 2 dientes, 4 dientes y boca llena) y el segundo factor con 2 niveles (Hembra y Macho), además cada factor tiene diferente número de repeticiones. Cumpliendo los supuestos de normalidad y homogeneidad de la varianza paramétrico el modelo aditivo lineal fue:

$$y_{ijk} = \mu + \beta_i + \alpha_j + (\beta\alpha)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

y_{ijk} = Es la respuesta del carácter evaluado.

μ = Es la media poblacional.

β_i = Es el efecto del i-esima edad.

α_j = Es el efecto del j-esimo sexo.

$(\beta\alpha)_{ij}$ = Es el efecto de la interacción de primer orden del i-esima edad en el j-esimo sexo.

ε_{ijk} = Es residual.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Parámetros genéticos

En la tabla 2 se muestra las heredabilidades para DenFib, DenCon y Fib/Con los valores están considerados entre bajos y moderados, las correlaciones genéticas fueron altas positivas.

Tabla 1

Heredabilidad (h^2) y correlación genética (r_g) para densidad de fibra, densidad de conductos pilosos y relación N° de fibras/N° de conductos pilosos, en alpacas del CEDAT-DESCO- Caylloma, Arequipa

VARIABLES	Densidad de Fibra \pm EE	Densidad de Conductos pilosos \pm EE	Relación N° de fibra/conductos pilosos \pm EE
Densidad de Fibra	0.48 \pm 0.039	0.87 \pm 0.06	Nc
Densidad de Conductos pilosos	0.87 \pm 0.06	0.53 \pm 0.041	---
Relación N° de fibra/conductos pilosos	----	---	0.21 \pm 0.033

Valores en la diagonal constituyen la heredabilidad del carácter; valores debajo de la diagonal constituyen las correlaciones genéticas; Nc: no se encontró convergencia; EE=Error estándar.

Los valores de heredabilidad para densidad de fibra, densidad de conductos pilosos y relación número de fibra/número de conducto en alpacas se reportan en la Tabla 2, en las que se pueden observar que la h^2 para la DenFib, DenCon y Fib/Con son entre altas y medias. Estos valores son superiores a los reportados por Cervantes *et al.* (2010) quienes encontraron una h^2 de 0.221 para DenFib en alpacas Huacaya, a pesar de ello, debe indicarse que la variable DenFib fue medido en forma subjetiva, realizado mediante presión manual en tres regiones del animal (paleta, costillar y nalga) y asignándole

puntuaciones además la evaluación de Cervantes trata la densidad de fibra como variable discreta estimándolo como variable continua, por lo cual su heredabilidad es considerado de magnitud moderada a pesar de que el carácter de densidad de fibra es un carácter de estructura quienes tienen una heredabilidad alta (Gianola y Fernando, 1986).

Por otra parte INTA (2001) en el trabajo de investigación sobre evaluación genética en carneros merino obtuvo una h^2 de 0.5 para densidad de fibra considerada alta. Caballero (2017) indica que como norma general los caracteres relacionados con la reproducción y la eficacia biológica suelen tener valores de heredabilidad más bajos que de los caracteres de tipo estructural. La literatura científica sobre parámetros genéticos en la cuantificación de la DenFib, DenCon y Fib/Con, es escasa, no obstante, si consideramos que por cada folículo emigra una fibra, sin considerar el desprendimiento (Nagorcka *et al.*, 1998). Las comparaciones con respecto a la DenFib podríamos realizarlo en base a la densidad folicular, en las que encontraron heredabilidades de 0.48 Azadi *et al.* (2005) 0.18 ± 0.06 Hill (1997) en ovinos merinos y 0.46 Abouheif, *et al.* (1984) en ovinos Columbia, Suffolk, Targhee y Cruce de Columbia por Rambouillet. Estos resultados indican que nuestros resultados están dentro del rango encontrado por estos autores.

Se debe entender que los parámetros genéticos son propios de cada población (Bourdon, 2000, Visscher *et al.*, 2008). Además, Falconer y Mackay (1996) dan a conocer que las variaciones entre los valores de heredabilidad reportados en diferentes estudios podrían atribuirse a diferencias entre poblaciones y métodos de estimación con la cual fueron estimadas. Incluso la heredabilidad de un carácter en una población puede variar en función del nivel del ambiente que se considere.

Es conocido que una alta heredabilidad, determina que el fenotipo de un individuo es un buen predictor del genotipo, pero también es un predictor que permite obtener mayor progreso genético de la característica a la que se refiere la heredabilidad. Por tanto, se puede tomar en cuenta la DenFib y/o DenCon como criterios de selección con lo cual podríamos obtener convenientes progresos genéticos en la siguiente generación debido a los medianos y altos valores obtenidos, de modo que al incrementar la DenFib y/o DenCon podríamos simultáneamente mejorar el peso de los vellones y a la vez afinar el diámetro de la fibra (Quispe *et al.*, 2018), características que son importantes al momento de la comercialización y transformación de esta importante materia prima.

La correlación genética entre densidad de fibra y densidad de conductos pilosos fue de 0.87 ± 0.06 por lo que asumimos que existe pleiotropía de genes en la expresión de DenFib que también expresan la DenCon, a pesar de ello también puede deberse al ligamiento debido que los principales genes que afectan a las dos características se encuentran muy cercanos dentro del cromosoma y tiende a mantenerse juntos durante la meiosis (Bourdon, 2000). En la estimación de la correlación genética entre los caracteres DenCon con relación a la densidad de fibras y densidad de conductos pilosos, no se obtuvo una convergencia en la estimación de sus componentes de varianza y posteriormente sus parámetros, debido posiblemente al tamaño reducido de la población de referencia ($n=344$), error en la cuantificación de los datos (durante la toma de datos) y estructura de la genealogía pobre de la población, como lo reportan otros estudios (Sae-Lim *et al.*, 2010).

4.2 Análisis de los factores

Tabla 2

Significancia de la edad y el sexo en la densidad de fibra, densidad de conducto y relación fibra/ conducto según factores de edad y sexo

Factor	Densidad conducto, mm^2	Densidad de fibra, mm^2	Relación N° de fibras/conducto, mm^2
Edad	**	**	**
Sexo	**	*	Ns
Edad*Sexo	Ns	Ns	Ns
R ²	0.43	0.18	0.27
CV (%)	27.75	22.13	16.83
Medida general \pm EE	7.83 ± 0.12	24.75 ± 0.30	3.25 ± 0.03

** altamente significativo ($p < 0.01$); * significativo ($p < 0.05$); Ns no significativo ($p \geq 0.05$).

En la tabla 3 se muestra el análisis de varianza para densidad de fibra, densidad de conductos pilosos y relación fibra/conducto, resultando que factor edad influye en la variación de densidad de fibra ($p < 0.01$), densidad de conductos pilosos ($p < 0.01$) y relación fibra/conducto ($p < 0.01$). El sexo influye en la densidad de fibra ($p < 0.05$), densidad de conductos pilosos ($p < 0.01$) pero se observa que en la relación fibra/conducto no influye ($p \geq 0.05$). Las medias para las características DenFib, DenCon y relación (Fib/Con) son de 24.75 ± 0.30 Fibras/ mm^2 , 7.83 ± 0.12 Conductos/ mm^2 y 3.25 ± 0.03 número de fibras por conducto respectivamente, el grado de ajuste del diseño utilizado sobre las características DenFib, DenCon y relación Fib/Con fueron 0.18, 0.43 y 0.27 correspondientemente, también nos muestra que tienen un coeficiente de variabilidad de

27.75 DenCon, 22.13 DenFib, 16.83 Fib/Con los mismos que se encuentran en los rangos permisibles.

Tabla 3

Densidad de conducto, densidad de fibra y relación fibra/conducto según edad y sexo de alpacas procedentes del CEDAT Arequipa

Factor	N	Densidad de conducto, mm ² ±EE	Densidad de fibra, mm ² ±EE	Relación N° de fibra/conducto, mm ² ±EE
Edad				
DL	77	10.09±0.23 ^a	27.94±0.62 ^a	2.80±0.05 ^c
2D	37	9.10±0.32 ^b	27.36±0.99 ^{ab}	3.02±0.06 ^b
4D	38	7.77±0.29 ^c	25.05±0.86 ^b	3.29±0.09 ^a
BLL	192	6.70±0.10 ^d	22.91±0.33 ^c	3.46±0.04 ^a
Sexo				
Hembra	262	7.70±0.13 ^b	24.72±0.33 ^b	3.29±0.03 ^a
Macho	82	8.25±0.27 ^a	24.85±0.66 ^a	3.11±0.06 ^a
Media general	344	7.83±0.12	24.75±0.30	3.25±0.03

DL=dientes de leche; 2D=dos dientes; 4D=cuatro dientes; BLL= Boca llena

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0.05); EE=estándar

4.2.1 Densidad de fibra (DenFib)

En la tabla 4 se observa la prueba de comparación múltiple Tukey de la variable DenFib según edad se muestra que en animales de DL y 2D son estadísticamente similares no hay diferencia significativa, con promedios de 27.94±0.62 y 27.36±0.99 fibras/mm² respectivamente, pero diferentes a animales de 4D cuya media es de 25.05±0.86 fibras/mm² y a los de BLL 22.91±0.36 fibras /mm² animales de 4D son diferente a animales de BLL (p<0.05), corroboran León-Velarde y Guerrero (2001) Frank *et al*, (2006), señalan que la producción de vellones con fibras más finas provienen de alpacas jóvenes, esto se debe a que la esquila tiene el efecto de incrementar el funcionamiento folicular (Rogers, 2006; Badajoz, 2009)

Por otro lado, CCalta (2020) encontró diferencias estadísticas significativas en alpacas de DL y 2D, con mayor densidad de fibra respecto a los de 4D y BLL, estos resultados hacen saber que a mayor edad aminora la densidad de fibra, posiblemente se deba al desarrollo corporal de las alpacas.

Los resultados de DenFib, encontrados en el presente estudio son cercanos a lo reportado por Quispe *et al.* (2018) y Quispe y Quispe (2019) quienes obtuvieron 23.60 ± 0.36 fibras/mm² en alpacas de Huancavelica. De igual manera la DenFib es similar a lo reportado por Moore *et al.* (2011) que al evaluar 8 pieles de alpacas encontraron densidades entre 21.95 y 32.48 fibras/mm², pero menores a lo reportado por CCalta (2020) quien evaluó la densidad de fibra en alpacas Huacaya del CIP la Raya usando el equipo Fiber Den obteniendo promedios de 30,98 fibras/mm² en machos y 28,50 fibras/mm² en hembras no encontrando diferencias significativas. La información en torno a esta característica es escasa a pesar de ello, si se considera que una fibra emerge de cada folículo piloso (Nagorcka *et al.*, 1998) resultaría razonable inferir que nuestros resultados son concordantes con la densidad folicular encontrada por Arana, (1972); Antonini *et al.* (2004) y Velez *et al.* (2016) cuyos valores oscilan entre 18.65 y 22.3 folículos/mm². También similares a los valores reportados por Franco *et al.* (2007), por otro lado, Bustinza (2001), coincide con estos resultados indicando que la densidad folicular promedio en el cuerpo de la alpaca es de 18 folículos/mm² pero pueden variar de 15 hasta 26.

Por su parte Gamarra (2008) en su trabajo de investigación con alpacas Huacaya crías de madres alimentadas con pastos naturales y cultivados reportó valores de 29.3 y 30.7 folículos/mm² correspondientemente, ésta diferencia se puede atribuir a la edad de los animales y al factor alimentación, puesto que es conocido que una pobre nutrición antes y después del nacimiento puede limitar el número de folículos que maduran y crecen (Schinckel y Short, 1961) sin embargo nuestros datos también son similares a lo reportado por Ramos *et al.* (2018) quienes indican que la densidad folicular para alpacas Huacaya machos y hembras tienen un promedio de 25.25 y 26.82 folículos/mm² respectivamente, cabe mencionar que el sistema de alimentación de las alpacas bajo estudio es extensivo, con una alimentación a base de pastos naturales.

En otro estudio, Gaitán (1967) reporta valores de 16.93 ± 4.96 f/mm² en alpacas Huacaya hembra de 4 años de edad, valor que difiere con nuestros resultados. Otro reporte en alpacas suri de 1 año de edad (tuis) obtiene una densidad de folículos totales de 17.29 ± 4.45 f/mm² (Tapia, 1967) son resultados menores a los obtenidos, podría deberse a factores como la edad. En cambio, Carpi y Solari

(1979) obtienen 78.65 folículos/mm² en piel de vicuña diferencia que refleja indudablemente el contraste de diámetro de la fibra de los camélidos silvestres en relación con los domésticos, en este caso se representa la relación a mayor finura mayor densidad folicular.

La densidad de fibras y la densidad folicular, no siempre resultará similar ya que en ciertos casos puede existir desprendimiento de las fibras, por efecto de la miniaturización y también porque los folículos pueden encontrarse en la fase exógena (que continúa a la anágena) como lo expresa For (2013) ocurre la caída de la fibra en ovino. De esta manera, se esperaría que la densidad de folículos debiera superar a la densidad de fibras. Desde otra perspectiva, se ha podido determinar que el sexo de las alpacas tiene influencia en la densidad de fibras habiéndose encontrado evidencia que los machos tienen mayor densidad comparados a las hembras. Estos resultados son complicados de comparar con otros trabajos en alpacas, ovino o cabras, pues se carece de información al respecto, pese a lo cual, resulta razonable indicar que al existir relación inversa entre la DenFib y el diámetro de fibra (Quispe *et al.*, 2018), del mismo modo que, al tener los machos mayor intensidad de selección con respecto a las hembras en la selección por finura, se podría deducir que los machos tendrían mejor finura de fibra que las hembras. Existen reportes del efecto del sexo y tipo de esquila sobre la densidad folicular en alpacas, encontrándose que, a la primera esquila, la densidad folicular en hembras y machos es de 34.09 y 36.08 folículos/mm² de piel, en tanto que a la segunda esquila la disminuyó a 31.51 y 31.78 mm² de piel, en hembras y machos, proporcionalmente (Tumi, 2017).

McGregor *et al.* (2012) indicaron que la densidad de fibras varía con la edad al animal, explicando que al crecer los animales la densidad de los folículos/mm² disminuye debido al incremento del área de la piel, como resultado del crecimiento del animal (Antonini *et al.*, 2004).

Los resultados encontrados en alpacas se encuentran dentro de los rangos encontrados para densidad folicular, que viene a ser el carácter que más se acerca a estos nuevos criterios, al tener en cuenta que de cada folículo emerge una fibra (Quispe y Quispe, 2019).

Bustinza (2001) menciona que el promedio general la densidad folicular en el cuerpo de la alpaca es de 18 folículos por mm^2 cuya variación es amplia y que va desde de 15 hasta 26 folículos por mm^2 . Por otro lado (Velez *et al.*, 2016) encontró densidad folicular en alpacas machos adultos, de acuerdo con la calidad de fibra ; fibra fina y fibra gruesa; densidad de folículos totales, $21,76 \pm 1,92$ y $18,65 \pm 3,77/\text{mm}^2$, entonces con estos resultados podemos concluir que hay una correlación negativa con la finura de las alpacas, es decir animales más finos (con menor diámetro de fibra) tienen mayor densidad (mayor cantidad de fibras por mm^2). Watts y Hicks (2001), también encontró una correlación negativa entre la densidad folicular y la finura de fibra, es decir, a mayor densidad folicular, menor sería el diámetro de la fibra, registraron datos de alpacas importadas de Perú en 1995 que presentaron un promedio de diámetro de fibra primaria de $38,60 \mu$, y densidad promedio de $23,60$ folículos/ mm^2 .

4.2.2 Densidad de conductos pilosos (DenCon)

La comparación de medias Tukey para densidad de conductos pilosos muestra que animales DL y 2D son estadísticamente diferentes como también diferentes a, animales de 4D y BLL a un nivel ($p < 0.05$) esto indica que la edad influye en la densidad de conductos pilosos. Se afirma que el número de conductos pilosos oscilan entre rangos de 10.09, 9.10, 7.77 y 6.70 Conductos / mm^2 en animales de DL, 2D, 4D y BLL respectivamente.

En la Tabla 4 se observa comparación de medias, donde se encontró que existe diferencia significativa ($p < 0.05$), entre el efecto sexo siendo los machos quienes cuentan con mayor densidad de conductos pilosos con una media de 8.25 ± 0.27 conducto / mm^2 puesto que las hembras a diferencia de los machos tienen 7.70 ± 0.13 conductos / mm^2 .

Las medias de DenCon encontrados en el presente estudio son cercanos a lo reportados por Quispe y Quispe (2019) en alpacas de Huancavelica $10,50 \pm 0,16$ Conductos/ mm^2 , similares a lo reportado por CCalta (2020) quien reporta un promedio $10,03$ conductos pilosos / mm^2 . De otro lado, se ha podido determinar que el sexo de las alpacas tiene influencia en la densidad de conductos pilosos ($p < 0.01$), habiéndose encontrado evidencia que los machos tienen mayor densidad de conductos pilosos comparados a las hembras. Estos resultados son difíciles de

comparar con otros trabajos en alpacas, ovino o cabras, pues lamentablemente se carece información al respecto, así como al tener los machos mayor intensidad de selección con respecto a las hembras en la selección por finura, se podría deducir que los machos tendrían mejor finura de fibra que las hembras, y consecuentemente mayor cantidad de conductos pilosos que resulta siendo el canal por donde emigran las fibras.

Lamentablemente, respecto a la densidad de conductos pilosos y su relación con la edad del animal, resulta escasa información en la literatura científica.

4.2.3 Relación Fibras Conductos (Fib/Con)

La prueba de comparación múltiple de medias Tukey ($p < 0.05$) para la relación de fibras/conductos en la tabla 4, se encontró que existe diferencias significativas entre las edades y en promedio de cada conducto piloso emergen 3.25 ± 0.03 fibras, pudiéndose encontrar conductos de donde emigran desde uno hasta 8 fibras.

Las relaciones medias de Fib/Con, encontrados en el presente estudio son próximos a los reportados por Quispe y Quispe (2019), en alpacas de Huancavelica promedio de $2,41 \pm 0,04$ Fib/Con respectivamente, del mismo modo similar a lo reportado por CCalta (2020) quien obtuvo promedio de 3,02 Fib/Con resulta escasa información en la literatura científica para esta característica.



CONCLUSIONES

Las heredabilidades para densidad de fibra y densidad de conductos pilosos fueron de magnitud elevada y de magnitud moderada para relación número de fibra/número de conducto. En general, se podrían esperar respuestas importantes a la selección si se eligen estas variables como criterios de selección. La correlación genética entre densidad de fibra y densidad de conducto piloso fue de mayor magnitud (0.87 ± 0.06) sin embargo, estos valores deben tomarse con mucho criterio y cautela

El sexo y edad influyen significativamente en el número de fibra/mm² y número de conducto/mm², sin embargo, el sexo no representa influencia sobre la relación Fib/Con demostrándose que animales con mayor edad presentan valores de densidad de fibra y densidad de conductos pilosos menores frente a animales jóvenes.



RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar trabajos de estimación de parámetros genéticos para densidad de fibra, Densidad de conductos pilosos, en cada intervalo generacional, para evaluar la biodiversidad genética, y así corroborar los datos obtenidos en el presente trabajo.

Para la cuantificación de las características DenFib, DenCon y Fib/Con se puede utilizar el equipo Fiber Den por ser accesible, brindando resultados en un corto tiempo (6 minutos), transportable y de procedimiento fácil para todo tipo de personal.

BIBLIOGRAFÍA

- Abouheif, M., Leroy, C. & Botkin, M. (2010). Heritability estimates of wool follicle traits in sheep skin. *Animal Production*, 39(3), 399-403.
- Agramonte, M., y Leyva, V. (1991). Incremento de peso vivo y fibra de alpaca en dos Sistema de producción en los Andes del Perú Turrialba. *Revista Interamericana de Ciencias Agrícolas*, 41(1), 64-68.
- Antonini, M., Gonzales, M., & Valbonesi, A. (2004). Relationship between age and postnatal skin follicular and development in three types of South American domestic camelids. *Livest. Prod. Sci.*, 90,241-246.
- Arana, L. (1972). Distribución de la densidad folicular en la piel de alpaca y su relación con el diámetro de la fibra. Tesis de pre grado Ing. Zoot. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima. 37 pp.
- Azadi, M., Werf, V., Herman, J., & Swan, A. (2005). Heritabilities for skin follicle traits and their correlations with production traits in Australian fine wool Merino sheep. *Proceedings of the 16th Conference of the Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics*, p. 184-187.
- Badajoz, E., Sandoval, N., García, W., y Pezo, D. (2009). Descripción histológica del complejo folicular piloso en crías de alpacas, *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 20(2): 154-164.
- Bell, D., Spencer, D., & Hardy, J. (1936). 'The influence of various factors upon the growth and quality of fine wool as obtained from Merino sheep', *Ohio Agricultural Experiment Station, Bulletin* 571.
- Bonilla, M., y Quipe, E. (2019). *Archivos de Zootecnia*, 68(261), 74–81
- Bosman, H., & Roessen, P. (1985). Nutritional studies with West African Dwarf goats in the humid zone of Nigeria. IN: Wilson, R., y Bourzat., D. (eds) *Small Ruminants in African Agriculture*. International Livestock Centre for Africa: Addis Ababa, Ethiopia. pp. 82
- Bosman, V. (1934). 'The determination of fleece density in the Merino sheep', *Journal of Veterinary Science and Animal Industry*, 3(1): 217-221



- Bourdon, R. (2000). *Understanding Animal Breeding*. Segunda Edición, Editorial Prentice Hall. New Jersey, 538 pag.
- Buckley, F., Dillon, P., Crosse, S., Flynn, F., and Rath, M. (2000). The performance of Holstein Friesian dairy cows of high and medium genetic merit for milk production on grass-based feeding systems. *Livestock Production Science*. 64(2): 107-119.
- Bustínza, A. (2001). *La Alpaca conocimiento del gran potencial andino*, Libro 1. Primera edición, oficina de recursos del aprendizaje. Sección publicaciones, UNA, Puno, Perú
- Burns, R., & Miller, W. (1937). 'Sampling instruments to determine fleece density in sheep', *Journal Textile Institute*, 12: 547-564.
- Bryant, F., Florez, A., y Pfister, J. (1989). Sheep and alpaca productivity on high andean rangelands in Peru. *J. Anim. Sci.*, 67: 3078-3095.
- Caballero, A.(2017). *Genética cuantitativa, España DF, España: Sintesis, S.A.*
- Cardellino, R., Rovira. (1987). *Mejoramiento genético animal*. Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur, Montevideo, Uruguay.
- Carter, H. (1942). 'Density and some related characters of the fleece in the Australian Merino', *Journal of the Council for Scientific and Industrial Research*, 5 (3):217-226.
- Carpio, M. (1991). Aspectos tecnológicos de la fibra de los camélidos Andinos. In: Novoa, C., Florez, A.eds. *Producción de rumiantes menores: Alpacas*. Lima: RESUMEN, 297-359.
- Carpio, P. (1991). *Diámetro de fibra, longitud de fibra y rendimiento de vellón de alpacas Huacaya en diferentes niveles altitudinales*. (Tesis de pregrado), Universidad Nacional del Altiplano UNAP, Puno Perú
- Carpio, M., y Solari, Z. (1979). Estudios preliminares sobre folículos pilosos en la piel de la vicuña. En: *Informe de trabajos de investigación en vicuña*. Vol. I. programa de ovinos camélidos sudamericanos. Serie ciencia y práctica Zootécnica, pp 104 – 136.

- Cerón-Muñoz, M., Tonhati, H., Costa, C. y Benavides, F. (2001). Interacción genotipo-ambiente en ganado Holstein colombiano. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 9(2): 74-78.
- Cervantes, I., Perez Cabal, M., Morante, R., Burgos, A., Salgado, C., Nieto, B., & Gutierrez, J. (2010). Genetic parameters and relationships between fibre and type traits in two breeds of peruvian alpaca. *Small Rumin. Res.*, 88, (1), 6-1.
- Corbett, J. (2001). Variation in wool growth with physiological state. In physiological and environmental limitations to wool growth Ed. J Black y P. Reis. UNE Publishing. Australia
- De Lira, T., Rosa, E., y Garnero, A. (2008). Parâmetros genéticos de características productivas e reproductivas em zebuínos de corte (revisão). *Ciência Animal Brasileira*, 9, (1), 1-22 de 14 de agosto 2009]. URL. Recuperado de :<http://www.revistas.ufg.br/index.php/vet/article/view/3655/3421>
- Encinas, M. (2009). Caracterización de la fibra de alpaca huacaya del Instituto de Investigación y Promoción de camelidos Sudamericanos IIPC. (Tesis de pregrado), Universidad Nacional del Altiplano UNAP, Puno Perú
- Espinoza, J. (2009). Uso de marcadores genéticos de ADN en el mejoramiento genético de la alpaca. INCAGRO en convenio con la Universidad Cayetano Heredia, Perú
- FAO, (2012). Phenotypic characterization of animal genetic resources. Animal Production and Health Guidelines N° 11. Rome. ISBN 978-92-5-107199-1.
- Felsenstein, J., 2004. Phylogeny Inference Package PHYLIP. ver. 3.6. Department of Genome Sciences and Department of Biology, University of Washington, Seattle, WA, USA
- FAO, (2005). Situación actual de los camélidos sudamericanos en el Perú. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Proyecto de Cooperación Técnica en apoyo de la crianza y el aprovechamiento de los Camélidos Sudamericanos en la Región andina TCP/RLA/2914. Recuperado de <http://www.fao.org/regional/Lamerica/prior/segalim/animal/paises/pdf/2914per.pdf>. 24 de septiembre 2007. 05-716

- Falconer, D., Mackay, T. (1986). *Introducción a la Genética Cuantitativa.* , España, Zaragoza: Acribia, S.A.
- Frank, E., Hick, M., Gauna, C., Lamas, H., Renieri, C., & Antonini, M.(2006) .Phenotypic and genetic description of fibre traits in South American domestic camelids (llamas and alpacas). *Small Rumin. Res.*, 61: 113-129.
- Frank, E. (1997). Mejoramiento genético en Camélidos Sudamericanos Domésticos. Una propuesta para la población argentina. En: Frank, E.N. (Ed.) *Actas 2do Seminario Internacional de Camélidos Sudamericanos Domésticos.* pp., 51-75
- Franco, F., San Martín, F., Ara, M., Olazábal, L., y Carcelén, F. (2007.) Efecto del nivel alimenticio sobre el rendimiento y calidad de fibra en alpacas. *Rev. Inv. Vet. Perú.* 20(2): 187-195.
- Franklin, W.(1982). Contrasting socioecologies of South America wild camelids: The vicuña and guanaco. En: *Recent advances in the study of mammalian behavior.* American Society of Mammalogists 7, Special publication. J. Eisenberg y D. Kleiman (Eds.), pp. 573-629.
- Fors, M. (2013). Wool loss in sheep. Master's thesis. Swedish University of Agricultural Sciences. Swedish.
- Gaitán, D. (1967). Estudio preliminar de los folículos pilosos en alpacas Huacaya. Tesis de Ingeniero Zootecnista, UNA La Molina. Lima Perú.
- Gamarra, P. (2008). Comparación del desarrollo de los folículos pilosos e indicadores productivos en crías de alpacas Huacaya alimentadas en el último tercio de gestación con pasturas asociadas Rye grass – Trébol y pastos naturales', Tesis para optar el Título profesional de Ingeniero Zootecnista, UNSAAC, Cusco Perú
- Gianola, D., & Fernando, R. (1986). Bayesian methods in animal breeding theory. *J Anim. Sci.* 63: 217.
- Gilmour, A., Gogel, B., Cullis, B. & Thompson, R. (2009). *ASReml user guide release 3.0.* VSN International Ltd, Hemel Hempstead, UK.



- Gutiérrez, G. (2008). Revisión de la estimación de los parámetros genéticos en alpacas. In E. Quispe (Ed.), *Actualidades sobre adaptación, producción, reproducción y mejora genética en camélidos* (pp. 83-92). Huancayo - Peru.
- Gutiérrez, J. (2010). *Iniciación a la valoración genética animal. metodología adaptada al EEES* (S. A. Editorial Complutense Ed. primera ed.). Madrid, España: Universidad Complutense de Madrid.
- Herrera, J. (1985). *Introducción al Mejoramiento Genético Animal*. Colegio de Postgraduados. Centro de Ganadería. Chapingo – México
- Hill, J., Hynd, P., Ponzoni, R., Grimwon, R., Jaensch, K., Kenyon, R., & Penno, N. (1997). *Proc. Adv. Anim. Breed. Gen*, 12
- Hoffman, E., Fowler, M., (1995). *Fiber. In: The alpaca book*. USA: Ed. Clay Press. p 44-84.
- INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática, PE). (2012). IV Censo Nacional Agropecuario. Recuperado de <http://censos.inei.gob.pe/Cenagro/redatam/>
- Inka-Alpaca. (2009). La alpaca. Recuperado de <http://www.alpaca-inca.com/UntitledFrameset-14.htm>. [15 de marzo 2009].11.
- INTA.(2001).Evaluación genética de carneros merino en centro de prueba Inta-Pilcaniyeu (7). Recuperado de: <http://www.agro.unc.edu.ar/~wpweb/rumiantes/wp-content/uploads/sites/20/2018/03/Mejoramiento-gen%C3%A9tico-Ovinos-2018-RM-FCA-UNC.pdf>
- Kemper, K. & Goddard, M. (2012). Understanding and predicting complex traits: knowledge from cattle. *Human Molecular Genetics* 21(1): 45-51.
- Kosgey, I., & Okeyo, A. (2007). Genetic improvement of small ruminants in low-input, smallholder production systems_ Technical and infrastructural issues. *Small Rumin. Res.* 70: 76-88

- León-Velarde, C., & Guerrero, J. (2001). Improving quantity and quality of Alpaca fiber; using simulation model for breeding strategie. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/254416124_Improving_quantity_and_quality_of_Alpsaca_fiber_using_a_simulation_model_for_breeding_strategies. [Accesado el 14 de julio de 2019].
- McGregor, B., Butler, K., & Ferguson, M. (2012). The allometric relationship between mean fibre diameter of mohair and the fleece-free liveweight of Angora goats over their lifetime. *Anim. Prod. Sci.* 52: 35-43
- Liu, X., Wang, L., & Wang, X. (2004). Evaluating the Softness of Animal Fibers. *Textile Res. J.*,74(6): 535-538. IIII
- MAMANI, M. (2012). UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN – TACNA Facultad de Ciencias Agropecuarias, 1–82.
- Maddocks, I., Jackson, N., & Nay, T. (1988) ‘Structural studies of sheep, cattle and goat’. Blacktown, NSW, Australia: CSIRO Division of Animal Production
- McGregor, B. (2002). Comparative productivity and grazing behaviour of Huacaya alpacas and peppin Merino sheep grazed on annual pastures. *Small Ruminant Res.*, 44: 219-232.
- Mamani, A. (2009). Correlación entre el diámetro, densidad y rizo de la fibra de alpaca Huacaya hembra, según región corporal. (Tesis de pregrado), Universidad Nacional del Altiplano UNAP, Puno Perú.
- Madsen, M., Phillips, R., Christensen, J., & Henrie, R. (1941). ‘Comparison of two methods of determining wool density’, Utah Agricultural Experiment Station, Bulletin Paper 257, http://digitalcommons.usu.edu/uaes_bulletins/257.
- Matthews, D. (1951) .‘An Evaluation of wool density sampling procedures when using the wira fleece caliper’, Thesis of Master of Science, Utah State Agricultural College
- Montaldo, H., y Barria, N. (1998). Mejoramiento Genético de Animales. Recuperado de: <http://www.ciencia.cl/CienciaAlDia/volumen1/numero2/articulos/articulo3.html>
- McFadden, W., & Neale, P. (1954). A meter for studying quantitative wool differences among sheep. *Journal of Animal Science*, 13(1):229-223



- McGregor, B., Butler, M., & Ferguson, B. (2012) The allometric relationship between mean fibre diameter of mohair and the fleece-free liveweight of Angora goats over their lifetime. *Anim. Prod. Sci.* 52: 35-43.
- McGregor, B., & Butler, K. (2004). Sources of variation in fibre diameter attributes of Australian alpacas and implications for fleece evaluation and animal selection. *Aust. J. Agric. Res.*, 55: 433-442
- Moore, K., Blache, D., & Maloney, S. (2011). Fibre diameter and insulation in alpacas: The biophysical implications. *Small Ruminant Research*, 96 (2-3), 165-172
- Nagorcka, B., Dollin, A., Hollis, D., & Beaton, A., (1998). ‘A technique to quantify and characterize the density of fibres and follicles in the skin of sheep’, *Australian Journal of Agricultural Research*, 46: 1525-34
- Novoa, C., y Flores, M. (1991). Producción de Rumiantes Menores: Alpacas. RERUMEN. Convenio Univ. California Davis – INIAA. Lima. Perú
- Ossa, G., Suarez, M., y Perez. (2008). Valores genéticos de caracteres productivos y reproductivos en bovinos Romosinuanos. *Revista Corpoica Vol 9(1)* [acceso 17 octubre de 2009]. Recuperado de :<http://www.corpoica.org.co/SitioWeb/Archivos/Revista/12.ValoresgeneticosdecaracteresproductivosyreproductivosenbovinosRomosinuano.pdf>
- Ossa, G., Suarez, M., Perez, J. (2005). Efecto del medio y la herencia sobre el peso al destete en terneros de la raza romosinuano. *Revista MVZ de Córdoba Vol 10(2)* [acceso 17 octubre de 2009]. Recuperado de: <http://www.unicordoba.edu.co/revistas/revistamvz/mvz-102/102-9.pdf>
- Ormachea, E., Calsín, B., y Olarte, U. (2015). Características textiles de la fibra en alpacas Huacaya del distrito de Corani Carabaya, Puno. *Revista de Investigación Altoandina*, 17(2), 215–220.
- Presciuttini, S., Valbonesi, A., Apaza, N., Antonini, M., Huanca, T., & Renieri, C. (2010). Fleece variation in alpaca (*Vicugna pacos*) a two-locus model for the Suri/Huacaya phenotype. *BMC. Genetics.*, 11, 70

- Prout, T., & Barker, J. (1989). Ecological aspects of the heritability of body size in *Drosophila buzzatii*. *Genetics* 123: 803-813.
- Quispe, E., Alfonsoagra, L., Flores, A., Guillen, H., y Ramos, Y. (2009). Bases para un programa de mejora de alpacas en la región altoandina Huancavelica. *Arch. Zootec.*, 58, (224), 705-716.
- Quispe, E. (2010). Estimación del proceso genético de seis esquemas de selección en alpacas (*Vicugna pacos* L.) Huacaya con tres modelos de evaluación en la región altoandina de Huancavelica. Tesis para optar el Grado de Doctor en Ciencia Animal. UNALM, Lima, Perú.
- Quispe, E., Poma, A., & Purroy, A. (2013). Características productivas y textiles de la fibra de alpacas de raza Huacaya. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*, 7(1), 1–29. https://doi.org/10.5209/rev_RCCV.2013.v7.n1.41413
- Quispe, E. (2016). Fiber Electronic Characterizer (Fiber-EC): Una nueva tecnología para evaluación de fibras de camélidos. VII Congreso Mundial en Camélidos Sudamericanos .pg 281-284
- Quispe, E., Quispe, M., Paúcar, R., y Espinoza, M. (2018). Densidad de fibras: Nuevo criterio de selección para la mejora en calidad y cantidad de fibra en alpacas y llamas. En Memoria Tomo II del VII Congreso Mundial sobre Camélidos, Bolivia.
- Quispe, E., Poma, A., y Quispe, M. (2018). Vínculo universidad-empresa-estado y transferencia tecnológica: creación del Fiber-Den y Minifiber para evaluación de fibras de animales. En, C. Chávez-Rodríguez y C. Garrido-Noguera (Eds.). La vinculación universidad-empresa para el desarrollo integral con impacto social (pp. 1-17). Ciudad de México, México: RED-ALCUE, UDUAL. [DOI: <https://doi.org/10.26784/sbir.v2i1.20>].
- Quispe, E., Quispe, M. (2019). Método no invasivo para determinar densidad y haces de fibras en piel de animales vivos. *Arch. Zootec.*, 68(261): 74-81
- Renieri, C. Frank, E., Rosati, A., y Antonini, M. (2009). Definición de razas en llamas y alpacas. *Animal Genetic Resources Information*. 45, 45-54

- Renieri, C. Pacheco C., Valbonesi A., Frank, E., y Antonini M. (2007). Programa de mejoramiento genético en camélidos domésticos. *Arch. Latinoamer. Prod. Anim.*, 15: 205-210
- Rodriguez, T. (2009). Producción de fibra de alpaca, llama, vicuña y guanaco en Sudamérica, *Animal Genetic Resources/Resources*,45(09),1-4. doi: 10.4067/S0718-22362003000200002
- Rogers G. (2006). Biología of the wool follicle: an excursion into a unique tissue interaction system waiting to be re-discovered. *Experimental Dermatology*, 15: 931-949.
- Sae-Lim, P., Komen, J., Kause, A. (2010). Bias and precision of estimates of genotype-by environment interaction: a simulation study. *Aquaculture* 310, 66–73.
- Schinckel, P., Short, B. (1961). Influence of nutritional level during pre-natal and early post-natal life on adult fleece and body characters. *Aust. J. Agric. Res.*, 12(1), 176-202
- Scobie, D., & Young, S. (2000). ‘The relationship between wool follicle density and fibre diameter is curvilinear’, *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, 6: 162-165
- Siña, M. (2012). Características físicas de la fibra en alpacas huacaya del distrito de susapaya, provincia de Tarata-Tacna. (Tesis de pregrado), Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna-Peru.
- Tapia, M. (1967). Estudio preliminar de los folículos pilosos en alpaca suri. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú
- Tumi, R. (2017). Efecto de la densidad folicular sobre peso vellón en alpacas Huacaya a la primera y segunda esquila, en el módulo de reproductores de Coarita – Paratía. Tesis para optar el Título profesional de Médico Veterinario y Zootecnista. UNA. Puno-Perú.
- Torres de Jasauí, J., Vélez, V., Zegarra, J., y Díaz, G. (2007). Caracterización de la histología de la piel de alpaca. *Proc. APPA – ALPA*. Cuzco, Perú.



- Vélez, V., Sabrina, J., Begazo, S., y Curie, J. (2016). Histología cuantitativa de la piel de alpaca diferenciada por calidad de fibra . Histología cuantitativa de la piel de alpaca diferenciada por calidad de fibra Quantitative histology of the skin of alpacas differentiated by fiber quality, (June).
- Visscher, P., Hill, W., & Wray, N. (2008). Heritability in the genomics era – concepts and misconceptions. *Nature Reviews Genetics*, 9: 255-266
- Wuliji, T., Davis, G., Dodds K., Turner P., Andrews R., Bruce, G. (2000). Production performance, repeatability and heritability estimates for live weight, fleece weight and fiber characteristics of alpaca in New Zealand. *Small Ruminant Res* 37: 189-201
- Wuliji, T. (2017). Evaluation of fiber diameter and correlated fleece characteristics of an extreme fine alpaca strain farmed in Missouri. *J. Camelid Science*, 10: 17-30
- Wolf, H., Dawson, W., & Poure, E. (1937). *Fiber Density and Some Methods of Its Measurement.*



ANEXOS

Anexo I. Registros datos

Tabla 4

Número de animales según edad y sexo

Factor	N
Sexo	
Macho	82
Hembra	262
Edad (años)	
1	83
2	41
4	28
3	46
7	20
5	28
14	2
8	13
13	4
6	25
15	10
12	13
9	14
10	14
11	3

Tabla 5

Datos obtenidos en la cuantificación de DenFib, DenCon, Fib/Con

F. Nacimiento	Campaña parición	ID Individuo	Tipo vellón	Color	Sexo	N°Poro	N°Fibra
27/02/2004	2004	041002N	H	B	H	7.5	27
	2004	041004N	H	B	H	7.5	26.5
14/02/2004	2004	041006N	H	B	H	6.25	22.81
	2004	041007N	H	B	H	6.25	22.08
31/01/2004	2004	041008N	H	B	H	5	19.06
	2004	041011N	S	B	H	7.5	22.75
8/02/2004	2004	041013N	H	B	H	4.5	17.75
	2004	041017N	H	B	H	6.66	22.91
24/02/2004	2004	041018N	H	B	H	5.93	22.5
5/03/2004	2004	041020N	H	B	H	7.08	23.33
16/02/2005	2005	051001N	H	B	H	5.5	21.25
8/01/2005	2005	051008N	H	B	H	7.18	25.62
9/02/2006	2006	061001N	H	B	H	5.31	19.06
13/02/2006	2006	061002N	H	B	H	5.31	21.87
24/02/2006	2006	061010N	H	B	H	7.75	27.25
19/01/2006	2006	061017N	H	B	H	6.5	23.25
19/01/2007	2007	071008N	H	B	H	7.5	22.18
2/02/2007	2007	071011N	H	B	H	4.25	16.75
	2007	071012N	H	B	H	7.18	26.56
22/01/2007	2007	071014N	H	C	H	5.31	16.87



15/05/1919	2007	071017N	H	B	H	7.75	27
25/01/2007	2007	071020N	H	B	H	6.5	25.75
19/01/2007	2007	071021N	H	B	H	7.187	28.12
20/12/2006	2007	071024N	H	B	H	6.5	33
12/03/2007	2007	071025N	H	B	H	6.25	23.12
27/01/2007	2007	071026N	S	B	H	6.87	20.93
17/01/2007	2007	071029N	S	B	H	5.5	19.25
21/02/2007	2007	071030N	H	B	H	4.25	14
19/01/2007	2007	071031N	H	B	H	5	13.5
11/03/2008	2008	081004N	H	B	H	3.75	11.5
	2008	081011N	H	B	H	4.25	17.5
9/03/2009	2009	091002N	H	B	M	4.75	16.75
29/01/2009	2009	091017N	H	B	H	6.75	22.5
16/01/2009	2009	091018N	H	B	H	6.875	20.625
4/02/2009	2009	091019N	H	B	H	4.75	17.25
15/01/2009	2009	091020N	H	B	H	8.437	30
20/01/2009	2009	091026N	H	B	H	5.31	23.75
	2009	091029N	H	B	H	3.75	11.5
8/02/2009	2009	091036N	S	B	H	4.69	19.69
17/02/2009	2009	091037N	H	B	M	4	13.75
	2009	091041N	H	B	H	6.5	20.75
5/01/2009	2009	091045N	H	B	H	5.5	18
30/01/2009	2009	091047N	H	C	H	4.5	14
18/01/2010	2010	101001N	H	B	M	5	19.5
	2010	101005N	H	C	M	5	15.5
23/03/2010	2010	101007N	H	C	M	5	23.43
4/02/2010	2010	101011N	H	B	H	5.5	19.5
2/02/2010	2010	101012N	H	B	H	5.5	23.25
14/03/2010	2010	101013N	H	B	H	5.25	18
	2010	101014N	H	B	H	8.75	33.75
13/02/2010	2010	101015N	H	B	H	5.25	15.5
	2010	101016N	H	B	H	6.25	25.31
	2010	101019N	H	C	H	5.25	15.25
19/02/2010	2010	101031N	H	B	H	6	23
18/01/2010	2010	101032N	S	B	H	4.25	14
29/01/2010	2010	101033N	H	C	H	5.5	19.75
23/02/2010	2010	101034N	H	C	H	7.5	21.75
12/01/2011	2011	111026N	H	B	M	7	21.25
23/01/2011	2011	111030N	S	B	M	5	16.75
18/02/2011	2011	111040N	H	B	H	6.5	29.75
17/03/2011	2011	111043N	H	B	H	6	21
22/01/2011	2011	111048N	S	B	H	5.62	25.31
17/01/2011	2011	111050N	H	B	H	6.75	26.75
4/03/2011	2011	111051N	H	LF	H	9.5	24.5
22/01/2011	2011	111054N	H	B	H	7.187	24.66
13/02/2011	2011	111056N	H	B	H	7	24.5



16/02/2011	2011	111059N	H	B	H	4.75	18.75
28/12/2010	2011	111060N	S	B	H	4.25	15.25
15/01/2011	2011	111064N	H	B	H	6.25	31.25
9/01/2011	2011	111068N	H	C	H	5.5	24.75
14/02/2012	2012	121005N	H	B	H	6.87	21.25
10/01/2012	2012	121006N	H	B	M	7.18	25.3
9/01/2012	2012	121012N	H	B	H	5.62	19.06
4/03/2012	2012	121013N	H	B	H	8.25	21.75
4/01/2012	2012	121016N	H	B	H	7.18	28.43
7/01/2012	2012	121017N	H	B	H	6.56	20
2/02/2012	2012	121024N	H	B	H	8	22.25
18/03/2012	2012	121025N	H	B	M	6.87	23.12
29/01/2012	2012	121027N	H	B	H	6.56	22.18
20/01/2012	2012	121029N	H	B	H	7.5	29.37
5/01/2012	2012	121040N	H	C	H	8.5	25.5
15/03/2012	2012	121044N	H	B	H	7.25	27.5
1/01/2012	2012	121048N	H	C	H	7.75	22.75
5/03/2012	2012	121049N	H	B	H	7.5	27.5
25/01/2012	2012	121052N	H	B	M	7.18	22.5
4/02/2012	2012	121064N	H	B	H	6.88	23.75
22/01/2012	2012	121066N	H	B	H	6.87	24.37
28/02/2012	2012	121067N	H	B	H	8.25	22.25
2/02/2012	2012	121071N	H	B	H	7.18	25.93
17/01/2012	2012	121073N	H	B	H	5.93	18.12
27/12/2012	2013	131003N	H	B	H	5.62	21.81
29/12/2012	2013	131005N	H	B	H	5	20.25
1/01/2013	2013	131007N	H	B	H	6.25	24.68
7/01/2013	2013	131018N	H	C	H	6.25	19
7/01/2013	2013	131019N	H	B	H	6.25	27.75
7/01/2013	2013	131020N	H	B	M	5.93	25.3
8/01/2013	2013	131022N	H	B	H	5	19.25
10/01/2013	2013	131024N	H	C	H	5	17
13/01/2013	2013	131031N	H	B	M	5.93	8.12
15/01/2013	2013	131032N	H	B	H	7.5	28.12
17/01/2013	2013	131036N	H	B	M	5	9.25
18/01/2013	2013	131039N	H	B	M	6.25	22.5
19/01/2013	2013	131040N	H	B	H	7.81	24.68
24/01/2013	2013	131046N	H	C	H	6	19.5
26/01/2013	2013	131047N	H	B	H	8.5	29
29/01/2013	2013	131054N	S	B	H	6.5	26.5
30/01/2013	2013	131055N	H	B	M	6.25	27.75
31/01/2013	2013	131056N	S	B	H	8.75	24.25
6/02/2013	2013	131062N	H	C	H	7.18	18.43
24/02/2013	2013	131074N	H	B	H	10.5	24.5
24/02/2013	2013	131075N	H	C	H	5.62	16.56
25/02/2013	2013	131076N	H	B	H	6.87	22.81



4/03/2013	2013	131083N	H	B	H	7	26.5
13/03/2013	2013	131088N	H	B	H	6.75	26.5
17/03/2013	2013	131090N	H	B	H	7.18	24.68
24/12/2013	2014	141005N	H	B	H	7	22.75
9/01/2014	2014	141019N	H	B	H	6.87	26.56
9/01/2014	2014	141020N	H	B	H	8.25	29
12/01/2014	2014	141023N	H	B	H	6	17.75
15/01/2014	2014	141025N	H	C	H	7.75	23.5
16/01/2014	2014	141030N	H	B	M	6.56	23.12
17/01/2014	2014	141033N	S	B	H	7	17.5
20/01/2014	2014	141043N	H	B	M	5.75	19.5
23/01/2014	2014	141046N	H	CC	M	5.75	21
23/01/2014	2014	141047N	H	C	H	5.5	18.25
25/01/2014	2014	141049N	H	B	H	7.5	23
26/02/2014	2014	141052N	H	B	H	6.87	25.93
27/02/2014	2014	141053N	H	C	H	8	24.75
27/02/2014	2014	141054N	H	B	H	5.62	22.18
29/02/2014	2014	141057N	H	B	H	6.75	28.5
31/01/2014	2014	141058N	H	B	H	6.5	24.5
3/02/2014	2014	141062N	H	B	H	11.87	29.06
3/02/2014	2014	141064N	H	B	M	7	21.75
4/02/2014	2014	141065N	H	B	H	10.25	27.75
5/02/2014	2014	141066N	H	B	H	10.25	28
5/02/2014	2014	141067N	H	B	H	5.31	17.18
10/02/2014	2014	141069N	S	B	H	5.93	20.93
19/02/2014	2014	141090N	H	B	H	8	25.75
23/02/2014	2014	141096N	H	B	M	5.93	17.81
24/02/2014	2014	141098N	H	B	H	8.12	29.06
4/03/2014	2014	141102N	H	C	M	6.25	27.5
12/03/2014	2014	141107N	H	C	H	5.5	18.5
22/03/2014	2014	141114N	H	C	H	6.6	25.7
7/12/2014	2015	151002N	S	B	H	8.5	27.5
26/12/2014	2015	151010N	H	B	H	5.75	19.5
28/12/2014	2015	151014N	H	B	H	8.5	22.7
2/01/2014	2015	151016N	S	B	H	7.5	26.75
4/01/2014	2015	151018N	H	B	M	6.25	16.5
6/01/2014	2015	151021N	H	B	H	8.12	25.31
8/01/2015	2015	151024N	H	B	H	7.18	28.43
13/01/2015	2015	151030N	H	B	H	8.5	26.75
15/01/2015	2015	151033N	H	B	H	6.25	23.75
18/01/2015	2015	151039N	H	B	H	7.25	27.5
22/01/2015	2015	151042N	H	B	H	6.25	23.12
23/01/2015	2015	151044N	H	B	H	8.43	19.06
25/01/2015	2015	151046N	S	B	H	6.56	25.62
28/01/2015	2015	151051N	H	B	H	7.18	26.56
28/01/2015	2015	151052N	H	B	M	5.31	16.87



4/02/2015	2015	151058N	H	B	H	10	38.75
6/02/2015	2015	151060N	S	B	M	7.25	21
7/02/2015	2015	151061N	H	B	H	6.25	29.75
11/02/2015	2015	151065N	H	B	M	9.06	27.8
14/02/2015	2015	151067N	H	B	H	6.5	24
14/02/2015	2015	151068N	H	B	H	8.25	29.5
14/02/2015	2015	151069N	H	B	H	8.25	26.25
5/03/2015	2015	151076N	H	N	H	6.87	20.62
10/03/2015	2015	151078N	H	B	H	8.12	27.5
10/03/2015	2015	151079N	H	B	H	8	30.25
10/03/2015	2015	151080N	H	B	M		
14/03/2015	2015	151083N	H	B	H	6.56	27.81
22/03/2015	2015	151087N	H	B	M	8.43	25.31
27/03/2015	2015	151088N	H	B	H	8.5	27.5
8/12/2015	2016	161001N	H	B	H	8	27
21/12/2015	2016	161003N	H	B	H	7.18	20.31
27/12/2015	2016	161005N	S	B	H	5.5	20
28/12/2015	2016	161006N	S	B	H	6.66	21.25
30/12/2015	2016	161008N	H	B	H	9.08	26.56
30/12/2015	2016	161009N	H	B	H	7.81	30.93
31/12/2015	2016	161010N	H	B	H	8	28
3/01/2016	2016	161014N	H	B	H	7	26.5
3/01/2016	2016	161015N	H	B	H	5.75	19.25
7/01/2016	2016	161017N	H	B	H	7.5	26.56
9/01/2016	2016	161021N	H	B	H	7.25	25.5
11/01/2016	2016	161024N	H	B	H	7.25	22.5
12/01/2016	2016	161025N	H	B	H	7.25	20.25
13/01/2016	2016	161027N	H	B	M	7.5	23.43
13/01/2016	2016	161028N	H	CO	H	7	19.75
14/01/2016	2016	161029N	H	B	H	7.5	22.5
15/01/2016	2016	161031N	H	B	H	7.81	20.62
16/01/2016	2016	161032N	H	B	M	5.25	24
16/01/2016	2016	161033N	H	B	H	7.5	26.56
16/01/2016	2016	161034N	H	B	H	6	21.5
18/01/2016	2016	161036N	H	B	H	6	20.5
19/01/2016	2016	161038N	H	B	H	7.5	29
19/01/2016	2016	161039N	H	B	H	8	27.75
19/01/2016	2016	161040N	H	C	H	5.75	16.75
20/01/2016	2016	161043N	H	B	H	5.62	20.31
24/01/2016	2016	161046N	H	B	H	6.87	24.06
31/01/2016	2016	161053N	H	B	H	7.75	28.25
1/02/2016	2016	161054N	H	B	M	6.25	18.25
4/02/2016	2016	161056N	H	B	H	6.75	18.5
4/02/2016	2016	161057N	H	B	H	7	23.75
4/02/2016	2016	161058N	H	CO	H	6.5	19.5
5/02/2016	2016	161060N	H	B	H	10	32



10/02/2016	2016	161063N	H	B	M	7.18	26.25
12/02/2016	2016	161066N	H	B	M	5.75	24.25
16/02/2016	2016	161071N	H	B	M	5.41	25..83
19/02/2016	2016	161073N	H	B	H	7.25	22.5
19/02/2016	2016	161074N	H	B	H	8.12	26.25
21/02/2016	2016	161075N	H	B	H	7.25	24.25
24/02/2016	2016	161078N	H	B	H	7.5	22.18
25/02/2016	2016	161079N	S	B	M	7.75	22.18
1/03/2016	2016	161083N	H	B	H	8.43	27.81
8/03/2016	2016	161088N	H	B	H	11.25	35
9/03/2016	2016	161089N	H	B	M	7.18	20.31
17/03/2016	2016	161095N	H	C	H	6.5	14.5
18/03/2016	2016	161097N	H	B	H	10	33.25
3/01/2017	2017	171001N	H	B	H	9	27.25
5/01/2017	2017	171002N	H	B	H	9.5	32
7/01/2017	2017	171005N	H	B	H	9.37	33.75
7/01/2017	2017	171006N	S	B	H	4.75	18.5
8/01/2017	2017	171008N	H	B	H	12.18	23.12
9/01/2017	2017	171009N	H	B	H	10.75	35.25
11/01/2017	2017	171012N	H	B	H	7.75	22.25
11/01/2017	2017	171013N	H	B	M	9.37	22.81
13/01/2017	2017	171015N	H	B	H	9.75	36.25
13/01/2017	2017	171016N	S	B	H	10.25	26.75
17/01/2017	2017	171017N	H	B	M	8	23.25
18/01/2017	2017	171019N	H	B	M	8.5	21.75
19/01/2017	2017	171020N	H	B	H	10.41	29.58
19/01/2017	2017	171021N	H	B	H	9	31.75
20/01/2017	2017	171026N	H	B	H	9.25	26
21/01/2017	2017	171028N	H	B	H	9	22.25
25/01/2017	2017	171033N	H	B	H	9	24.75
26/01/2017	2017	171034N	H	B	M	9.5	29.5
26/01/2017	2017	171037N	H	B	M	7.81	21.87
27/01/2017	2017	171038N	H	B	M	6.5	19.25
2/02/2017	2017	171047N	H	CO	H	8.5	25.75
2/02/2017	2017	171049N	H	B	H	9	25
4/02/2017	2017	171050N	H	B	H	11.5	32.25
6/02/2017	2017	171055N	H	B	H	10.5	33.5
9/02/2017	2017	171058N	H	B	H	6.25	23
12/02/2017	2017	171059N	H	B	H	7.75	26.25
13/02/2017	2017	171060N	S	B	H	9.06	32.18
15/02/2017	2017	171065N	H	CO	H	13.43	36.25
16/02/2017	2017	171066N	H	B	M	9	29
22/02/2017	2017	171067N	H	B	H	10.31	29.68
23/02/2017	2017	171069N	H	B	H	8	24
25/02/2017	2017	171071N	H	B	H	9.68	28.43
25/02/2017	2017	171072N	H	B	H	11.25	33.75



26/02/2017	2017	171073N	H	B	M	5.62	17.5
27/02/2017	2017	171074N	H	B	H	7.5	23.75
28/02/2017	2017	171076N	H	B	M	6.5	19.5
1/03/2017	2017	171077N	H	B	H	6.25	16.5
1/03/2017	2017	171078N	H	C	H	7.5	24.37
5/03/2017	2017	171081N	H	B	H	7.5	22.25
8/03/2017	2017	171082N	H	B	M	9.75	24.75
17/03/2017	2017	171086N	H	B	H	9.25	35.25
04/01/18	2018	181001N	H	C	H	9.25	27
09/01/18	2018	181002N	H	B	M	8.125	28.125
09/01/18	2018	181003N	H	B	H	14.06	40.31
13/01/18	2018	181004N	H	B	M	12.25	44
13/01/18	2018	181005N	H	B	M	10.62	32.18
13/01/18	2018	181006N	H	B	H	11.25	26.56
15/01/18	2018	181008N	H	B	M	10.25	30
16/01/18	2018	181009N	H	B	H	13	33.75
17/01/18	2018	181010N	H	B	H	10.75	32.75
20/01/18	2018	181012N	H	B	H	9.06	26.87
20/01/18	2018	181013N	H	B	M	12.5	31.25
20/01/18	2018	181015N	H	B	M	7.25	23
20/01/18	2018	181016N	S	B	M	13.43	33.43
21/01/18	2018	181017N	H	B	H	14.06	39.37
22/01/18	2018	181018N	H	B	M	7	19.5
23/01/18	2018	181019N	H	C	H	11.75	38.5
23/01/18	2018	181020N	H	B	H	10.62	30
24/01/18	2018	181021N	H	B	M	9.75	30.75
24/01/18	2018	181022N	H	B	M	10.62	25.93
24/01/18	2018	181023N	H	B	H		
26/01/18	2018	181024N	H	B	H	10.93	33.43
26/01/18	2018	181026N	H	B	H	9.37	28.75
28/01/18	2018	181028N	H	B	M	9.37	30.93
29/01/18	2018	181029N	H	B	M	8.43	24.37
29/01/18	2018	181030N	H	B	H	11.75	32.5
29/01/18	2018	181031N	H	B	M	8.75	25.5
29/01/18	2018	181032N	S	B	H	9	24.25
31/01/18	2018	181034N	H	B	H	9.06	25
01/02/18	2018	181038N	H	C	H	12.18	26.87
01/02/18	2018	181039N	H	B	M	12	41
02/02/18	2018	181040N	H	B	M	10.5	29.5
03/02/18	2018	181042N	S	B	M	8.5	21.25
03/02/18	2018	181043N	H	B	H	8.75	19.5
04/02/18	2018	181044N	H	B	H	11.75	28.75
05/02/18	2018	181045N	H	C	H	7.5	29.5
05/02/18	2018	181046N	H	B	H	9.68	25.62
06/02/18	2018	181047N	H	B	H	11.75	30
06/02/18	2018	181048N	S	B	H	7	22.5



06/02/18	2018	181049N	H	B	H	12	31.75
07/02/18	2018	181050N	S	B	M	15	41
07/02/18	2018	181051N	H	B	H	13.5	31.5
07/02/18	2018	181052N	H	B	M	9.06	22.5
08/02/18	2018	181053N	H	B	M	10.31	33.75
08/02/18	2018	181054N	H	B	H	11.5	26
08/02/18	2018	181055N	H	B	H	11.5	31.5
08/02/18	2018	181056N	H	B	H	9.37	25
09/02/18	2018	181057N	H	B	M	10.62	31.83
09/02/18	2018	181058N	H	B	H	9.06	34.06
10/02/18	2018	181059N	H	B	H	12.5	34.06
10/02/18	2018	181061N	H	B	H	11.75	31
10/02/18	2018	181062N	H	C	H	7.5	20.62
10/02/18	2018	181063N	H	C	H	9.68	26.25
11/02/18	2018	181064N	H	B	M	8.75	29
11/02/18	2018	181065N	H	B	M	6.5	22
12/02/18	2018	181067N	H	C	H	8.25	26.75
13/02/18	2018	181068N	S	B	H	9.5	28.25
13/02/18	2018	181069N	S	B	H	10	27
14/02/18	2018	181070N	H	B	H	10.31	30
14/02/18	2018	181071N	H	LF	M	11	27
15/02/18	2018	181072N	H	B	H	8.75	21.25
15/02/18	2018	181073N	H	B	H	12.5	35.31
15/02/18	2018	181074N	H	B	M	5.31	17.81
17/02/18	2018	181075N	H	C	H	8.12	22.5
18/02/18	2018	181077N	H	B	M	9.37	25.31
19/02/18	2018	181078N	H	C	H	9.68	25.62
21/02/18	2018	181081N	H	B	H	4.25	16.75
22/02/18	2018	181082N	H	B	M	12	24
23/02/18	2018	181083N	H	B	H	10	21.56
24/02/18	2018	181084N	S	B	H	8.5	29.75
24/02/18	2018	181085N	H	B	M	8.75	18.5
28/02/18	2018	181086N	H	B	M	10.31	26.25
02/03/18	2018	181088N	H	B	M	12.5	31.75
04/03/18	2018	181089N	H	C	M	8.75	23.5
06/03/18	2018	181090N	H	B	M	9.75	21.75
08/03/18	2018	181091N	H	B	M	11	27.5
13/03/18	2018	181093N	H	B	M	9.25	27.5
14/03/18	2018	181094N	H	B	M	12	35
14/03/18	2018	181095N	H	B	M	10.25	28.25
17/03/18	2018	181096N	H	B	H	8.75	20.94
17/03/18	2018	181097N	H	B	H	9.38	22.19
24/03/18	2018	181099N	H	B	M	8.75	22
25/03/18	2018	181101N	H	B	M	14.38	38.75
04/04/18	2018	181102N	H	B	M	10.5	29.25
01/05//18	2018	181103N	H	B	H	10	32.75

Anexo 2. Análisis de la varianza para los caracteres evaluados

Tabla 6

Análisis de la varianza para densidad de fibras

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	Ft		Pr>F	Sig
					0.05	0.01		
Modelo	7	18.341332	2.6201903	10.28			<.0001	
Edad	3	15.4213207	5.14044023	20.16	2.63	3.84	<.0001	**
Sexo	1	1.14156552	1.14156552	4.48	3.87	6.71	0.0351	*
Edad*Sexo	3	0.40245084	0.13415028	0.53	2.63	3.84	0.6646	ns
Error	336	85.68	0.26					
Total	343	104.02						

Tabla 7

Análisis de la varianza para densidad de conductos pilosos

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	Ft		Pr>F	Sig
					0.05	0.01		
Modelo	7	21.8147809	3.1163973	37.37			<.0001	
Edad	3	17.4813551	5.8271184	69.87	2.63	3.84	<.0001	**
Sexo	1	0.6289408	0.6289408	7.54	3.87	6.71	0.0064	**
Edad*Sexo	3	0.2813759	0.0937920	1.12	2.63	3.84	0.3391	ns
Error	336	28.0212357	0.0833965					
Total	343	49.8360165						

Tabla 8

Análisis de la varianza para relación densidad de fibras/conductos

Fuente de variabilidad	Grados De Libertad	Suma De Cuadrados	Cuadrados Medios	Fc	Ft		Pr>F	Sig
					0.05	0.01		
Modelo	7	0.50173361	0.07167623	18.040			<.0001	
Edad	3	0.36771721	0.1225724	30.850	2.63	3.84	<.0001	**
Sexo	1	0.00393211	0.00393211	0.990	3.87	6.71	0.3206	ns
Edad*Sexo	3	0.01315739	0.0043858	1.100	2.63	3.84	0.3477	ns
Error	339	336.00	1.34	0.004				
Total	343	343.00	1.84					

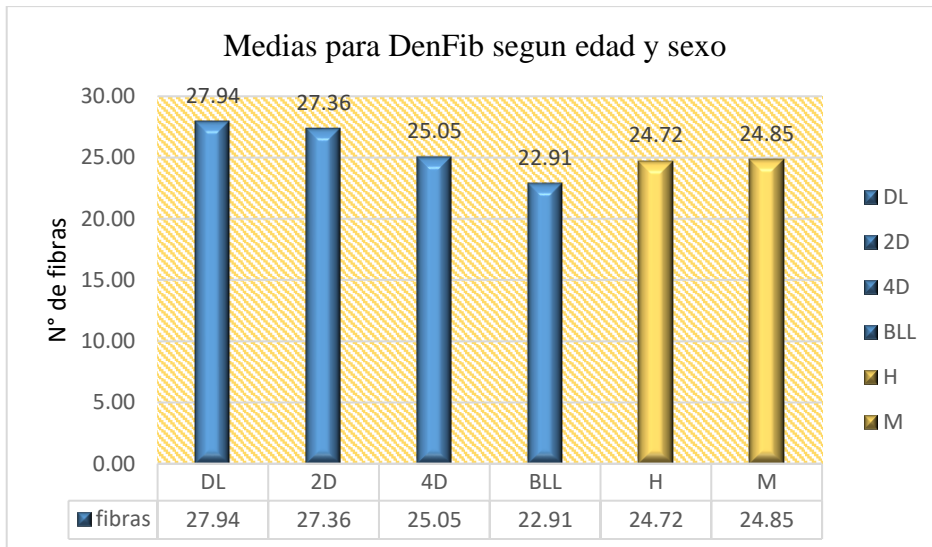


Figura 7. Medias de Densidad de fibras según factores edad y sexo

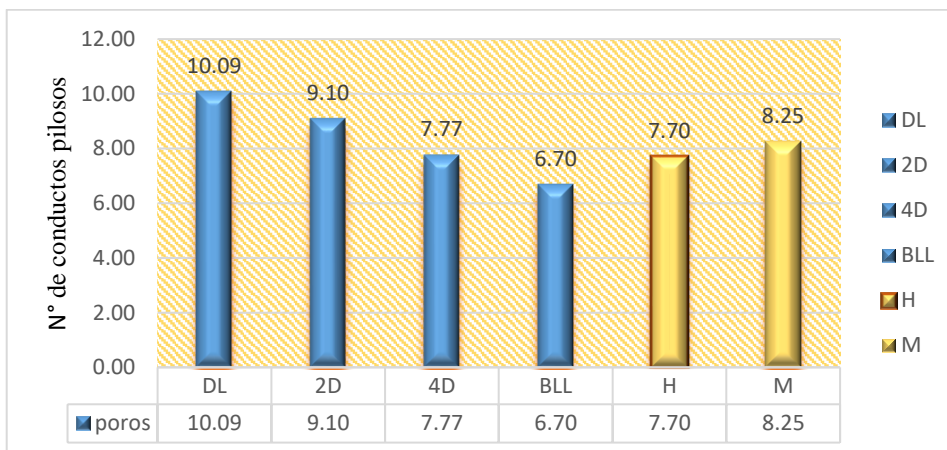


Figura 8. Medias de Densidad de conductos pilosos según factores edad

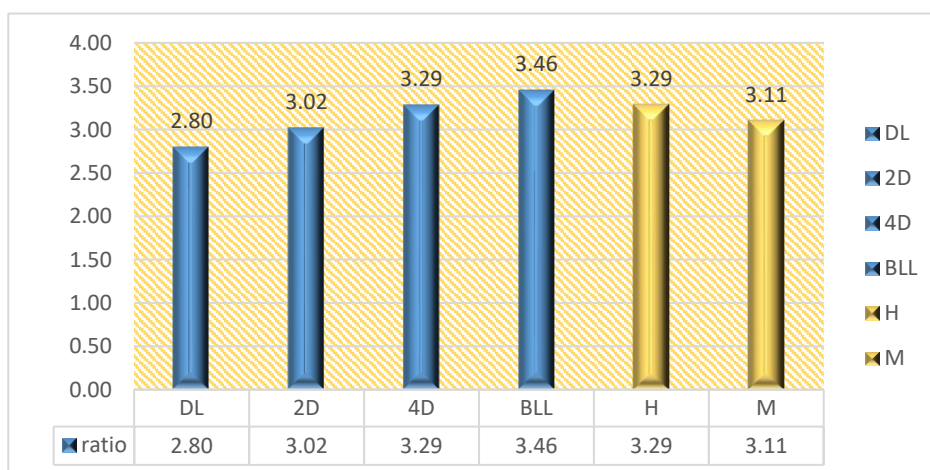


Figura 9. Medias de la relación fibras/conductos según factores edad y sexo

Anexo 3. Panel fotográfico



Comentario de Escenario: equipo FIBER –DEN y principales materiales para preparación de piel de animal.



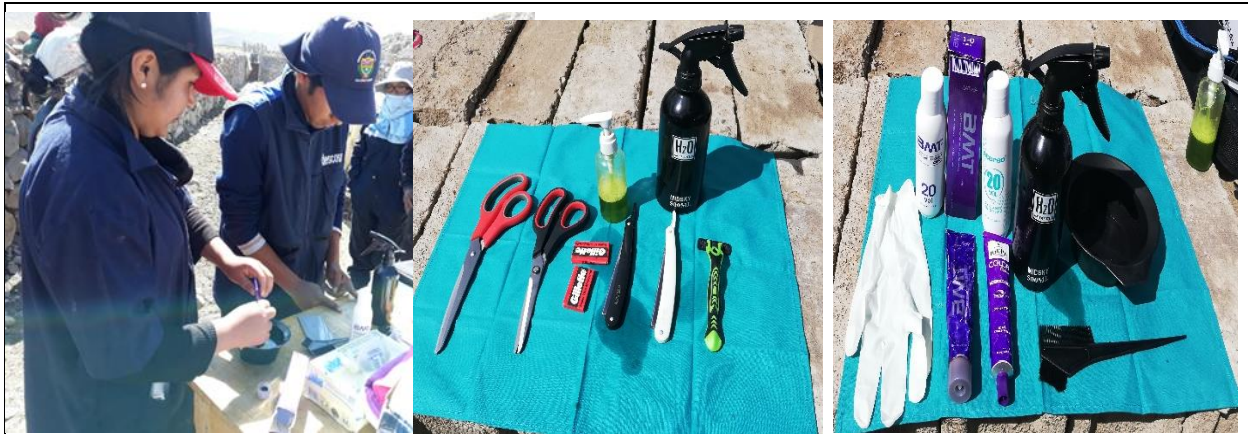
Comentario de Escenario: Cedat- Descosur inicio del trabajo de investigación, con apoyo de la Dra. Emma Quina Quina y administrativos del plantel.



Comentario de Escenario: Población de alpacas para el trabajo de investigación CEDAT-DESCO



Comentario de Escenario: Clima y pasturas del CEDAT-DESCO el pastizal es la base de alimentación de toda la población de alpacas no se adiciona alimento balanceado ni forraje.



Comentario de Escenario: Preparación de materiales para tenido de fibra y posterior lectura de fibras.



Comentario de Escenario: Cedat- Desco Corte y rasurado de fibra en 10cm costillar medio



Comentario de Escenario: Enjuague de la parte rasurada y secado de piel para un buen teñido



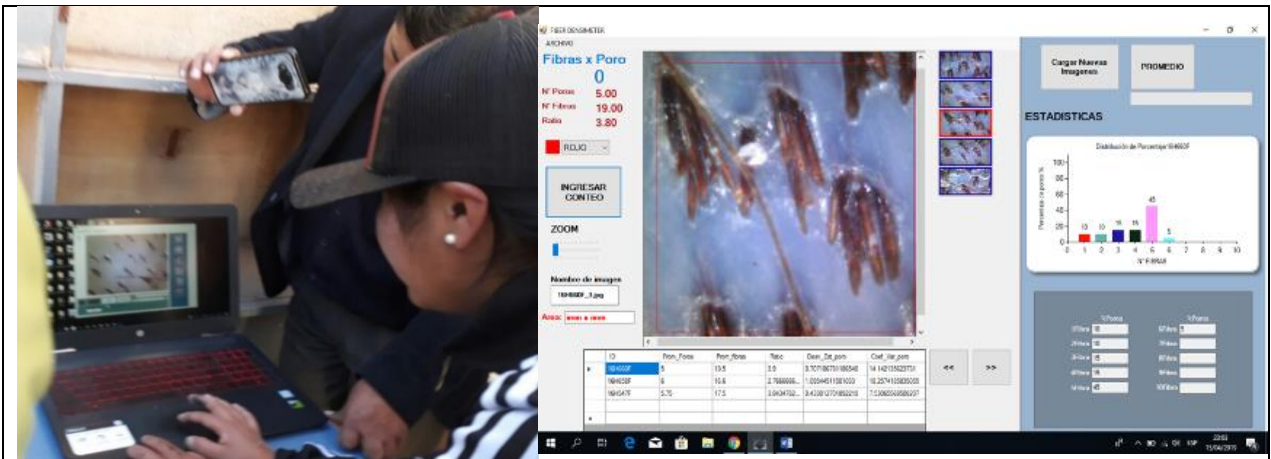
Comentario de Escenario: Teñido y secado de fibra a la intemperie para lectura con el equipo FIBER –DEN



Comentario de Escenario: Cedat- Desco lectura de densidad de fibra en bretes, para la facilitar la sujeción de alpacas



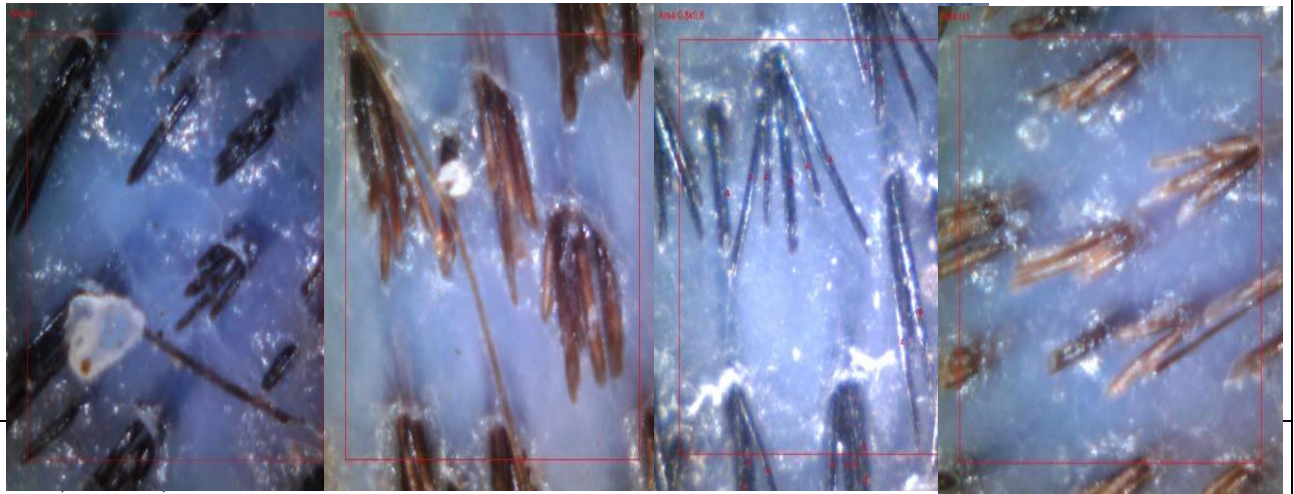
Comentario de Escenario: Lectura de datos DenFib, DenCon y Fib/Con con el equipo FIBER-DEN



Comentario de Escenario: Captura de imágenes con el FIBER-DEN y lectura de imágenes para determinar densidad de fibra, conductos pilosos y relación fibra conductos



Comentario de Escenario: Visita del Dr. Edgar Quispe Peña y Dr. Ali Canaza revisión de la lectura de imágenes capturadas de los 344 animales



Comentario de Escenario: CIP-ILLPA experiencias compartidas con la Universidad de Juliaca UNAJ demostración de manejo del equipo FIBER- DEN.